

Die jeweiligen Morphologien sind höchstcharakteristisch und erlauben sogar die Identifizierung der speziellen Pflanzengattung (Stanley and Linskens, 1974; Mamane et al., 1992; Matthias-Maser und Jaenicke, 1993; Griffiths and DeCosemo, 1994; Spurny, 1994).

Schwieriger wird die Zuordnung bei Partikeln kleiner 1µm. In diesem Größenbereich auftretende biologische Partikel wie Bakterien, Viren oder auch Bruchstücke größerer biologischer Partikel zeigen meist keinerlei morphologische Charakteristika, die zur Identifikation dienen könnten. Wenn auch keine Identifikation durch biogene Leitelemente wie Na, Mg, P (Graham et al., 1979), K und Ca möglich ist, werden auch diese Partikel dem  $C_{\text{Rest}}$  zugerechnet. Ein Beispiel für kleine biologische Partikel, die an allen Probenahmeorten in größerer Zahl gefunden wurde, ist in *Abbildung 6-40(C)* gezeigt. Bei diesen ca. 200 nm großen bienenwabenartig strukturierten Partikeln handelt es sich um Kokolithen. Die in *Abbildung 6-40(F)* gezeigte Diatomee stammt von der Helgolandsammlung. Nur hier konnten diese Kieselalgen nachgewiesen werden.

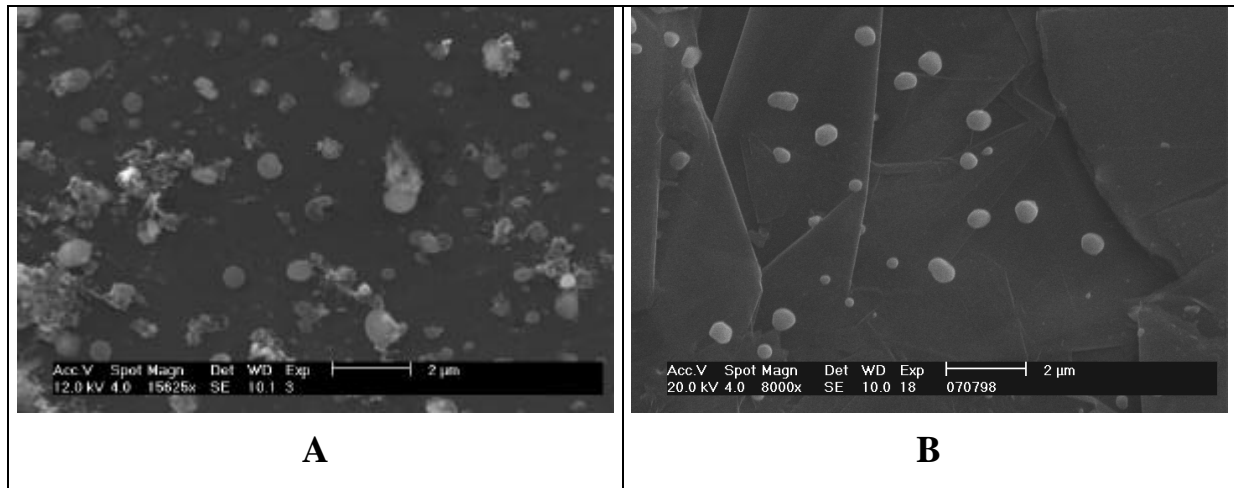
	Biologische Partikel
Hauptelemente	C, O
fallweise oder als Nebenbestandteile auftretende Elemente	N, Na, Mg, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe
Durchmesser [µm]	0, 2 – 25
Habitus	teilw. spezifische Pollen, Samen und Sporen, teilw. unregelmäßige Fragmente

**Tabelle 6-17:** Chemische und morphologische Charakteristika von biologischen Partikeln.

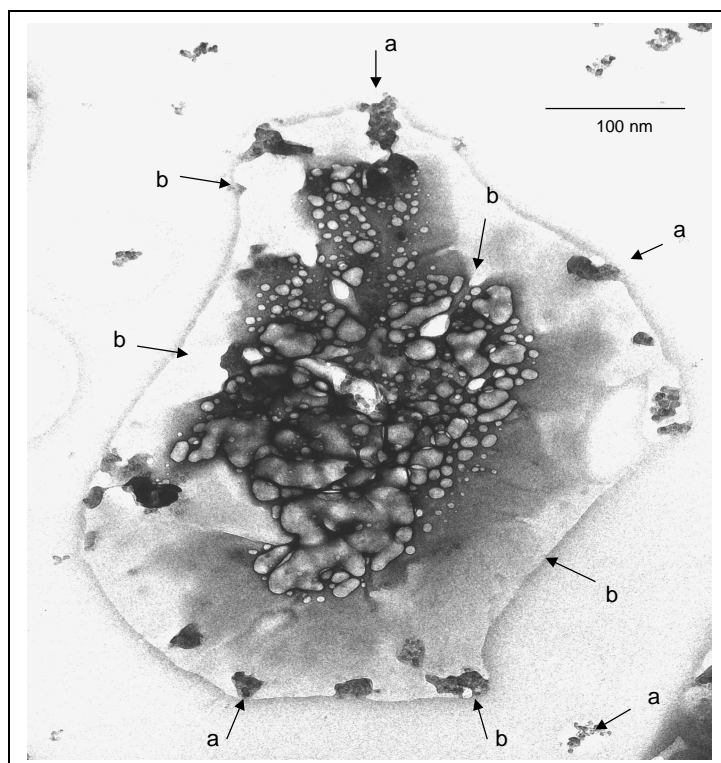
### 6.3.9 Kohlenstoff/Sulfat-Mischpartikel

Eine Partikelgruppe, die auf Helgoland nicht beobachtet wurde, ist die Gruppe der Kohlenstoff/Sulfat-Mischpartikel. Ihre Instabilität gegenüber dem Elektronenstrahl dient zusätzlich zur Charakterisierung dieser Gruppe. Neben Kohlenstoff und Sauerstoff zeigen diese Partikel im EDX-Spektrum immer einen Schwefelanteil und in seltenen Fällen auch detektierbare Anteile von Stickstoff. Zwei Beispiele für diese sich bei der EDX-Analyse innerhalb von wenigen Sekunden zersetzender Partikel sind in *Abbildung 6-42* gegeben.

Eine Erklärung, um welche Partikel es sich hierbei handelt, konnte von G.Gorzawski am Transmissionselektronenmikroskop gefunden werden. Aufgrund der hohen Strahlspannung (100 kV) zersetzten sich die Partikel sehr schnell. Der Nachweis der sich verflüchtigenden Hauptmasse ergab, dass es sich um Ammoniumsulfat handelte. Zurückbleibende Reste ließen sich morphologisch als Ruß bestimmen.



**Abbildung 6-42:** SE-Bilder von sphärischen und unregelmäßig geformten Kohlenstoff/Sulfat-Mischpartikeln.



**Abbildung 6-43:** TEM-Aufnahme einer internen Mischung von (a) Ruß und (b) Ammoniumsulfat.

Bei den Kohlenstoff/Sulfat-Mischpartikeln handelt es sich um eine interne Mischung von Kohlenstoff-dominierten Material (oftmals Ruß) und Ammoniumsulfat. Diese Partikelgruppe stellt bei gleichzeitigem Vorhandensein von Ammoniumsulfat und Kohlenstoff-dominiertem Material häufig die dominierende Komponente der feinen Partikelfraktion dar (Even et al., 1998). Ammoniumsulfat bildet sich als Neutralisationsprodukt von Ammoniak und  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Shaw, 1987).

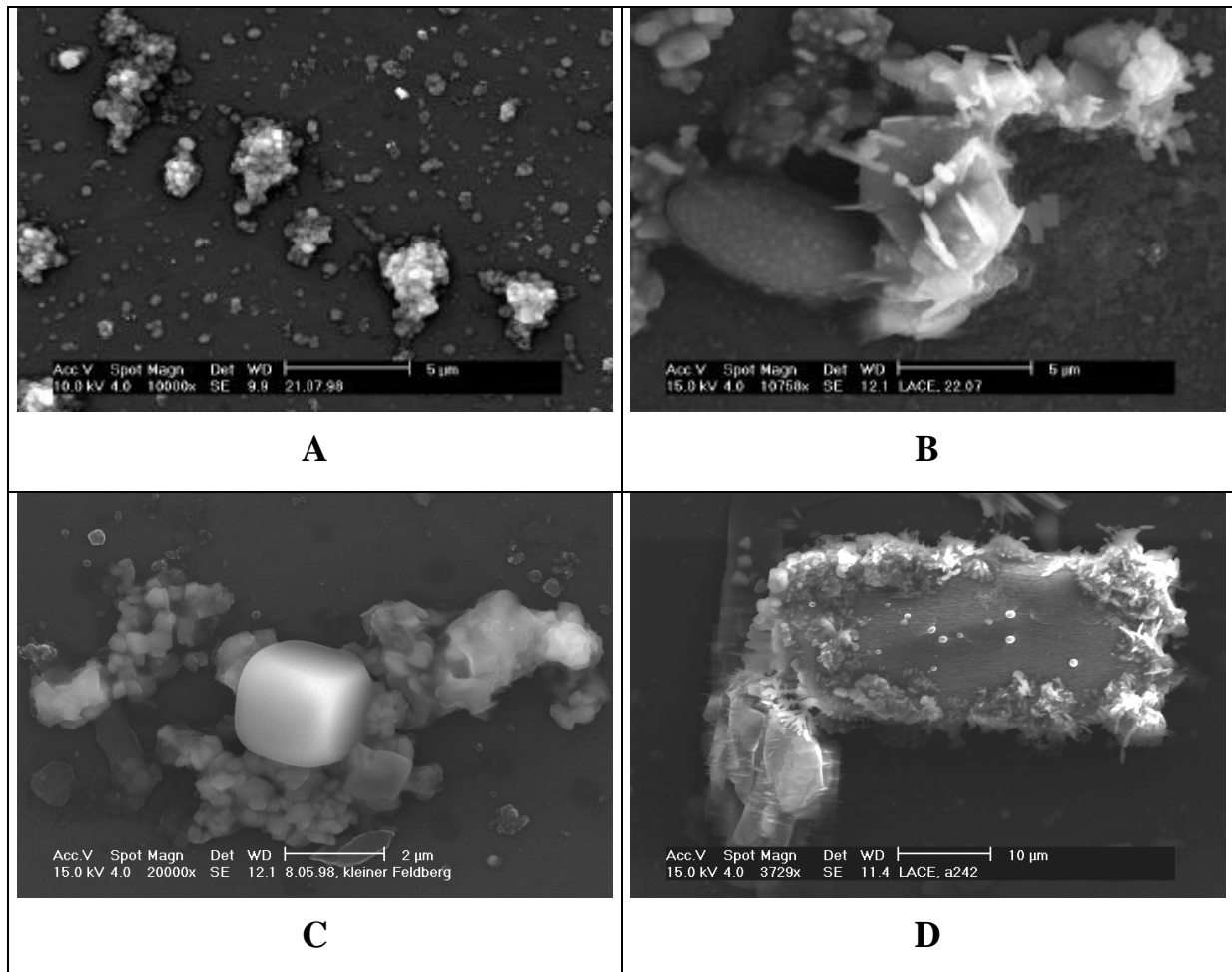
	Kohlenstoff/Sulfat-Mischpartikel
Hauptelemente	C, O, S
zeitweise oder als Nebenbestandteile auftretende Elemente	N, Fe, Cu, Zn
Durchmesser [ $\mu\text{m}$ ]	0,1 – 1
Habitus	tröpfchenförmig, glatte Oberfläche

**Tabelle 6-18:** Chemische und morphologische Charakteristika von C/Sulfat-Mischpartikeln.

#### 6.3.10 Ammoniumsulfat

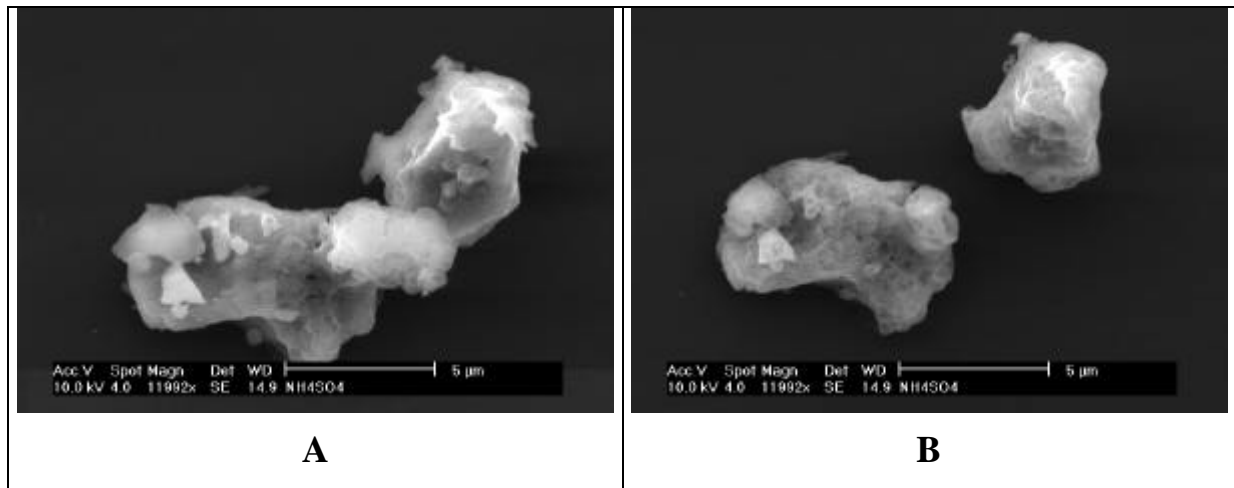
In *Abbildung 6-44* sind einige Beispiele für typische Morphologien von Ammoniumsulfat gegeben. Auf (A) sieht man eine rußähnliche Morphologie von kleinen, unregelmäßig geformten Primärteilchen, die sich teilweise zu größeren Agglomeraten zusammenlagern (siehe Pardess et al., 1992). Auf (C) ist ein kubischer Ammoniumsulfatkristall zu erkennen, während auf (B) eine andere häufig anzutreffende Besonderheit von Ammoniumsulfat gezeigt ist. Hierbei sind senkrecht aufeinander angeordnete Ammoniumsulfatplatten zu erkennen, die allerdings unter Elektronenbeschuss sehr schnell zerstört werden. Die Instabilität von Ammoniumsulfat erschwert die Analyse, kann aber zur eindeutigen Identifikation genutzt werden, da der morphologische Zerfall von Ammoniumsulfat im Elektronenstrahl immer auf gleiche und morphologisch charakteristische Weise geschieht.

Bei großen Partikeln ist beim Zerfall eine Blasenbildung (kleine helle Kugeln in *Abbildung 6-44(D)*) zu beobachten. Diese entsteht bei der Verflüchtigung von Ammoniak bzw.  $\text{SO}_x$ . Die Gase bilden im Gerüst des zerfallenden Partikels erst Blasen aus, die dann zerfallen und den Ammoniak bzw.  $\text{SO}_x$  freigeben.



**Abbildung 6-44:** SE-Bilder von Ammoniumsulfatpartikeln: (A) Agglomerate von kleinen Partikeln mit abgerundeten Kanten; (B) teilweise senkrecht aufeinander aufgewachsene rechteckige Ammoniumsulfattafeln; (C) kubischer Ammoniumsulfatwürfel; (D) großes Ammoniumsulfatpartikel mit senkrechten Aufwachsungen und Blasenbildung durch beginnende Strahlschädigung.

In *Abbildung 6-45* ist in einem vorher/nachher-Vergleich die morphologische Entwicklung der Partikel während des Zerfalls dargestellt. Auf (A) sind drei kompakte Ammoniumsulfatpartikel zu erkennen. In (B) sind die gleichen Partikel nach 10 sec dargestellt. Das mittlere Partikel ist vollständig verschwunden und die beiden anderen zeigen jetzt eine porenreiche, schwammartige Struktur, die bei weiterer Bestrahlung noch poröser und netzartig wird. Die schwammartige Struktur ist beim Zerfall von Ammoniumsulfatpartikeln immer zu beobachten.



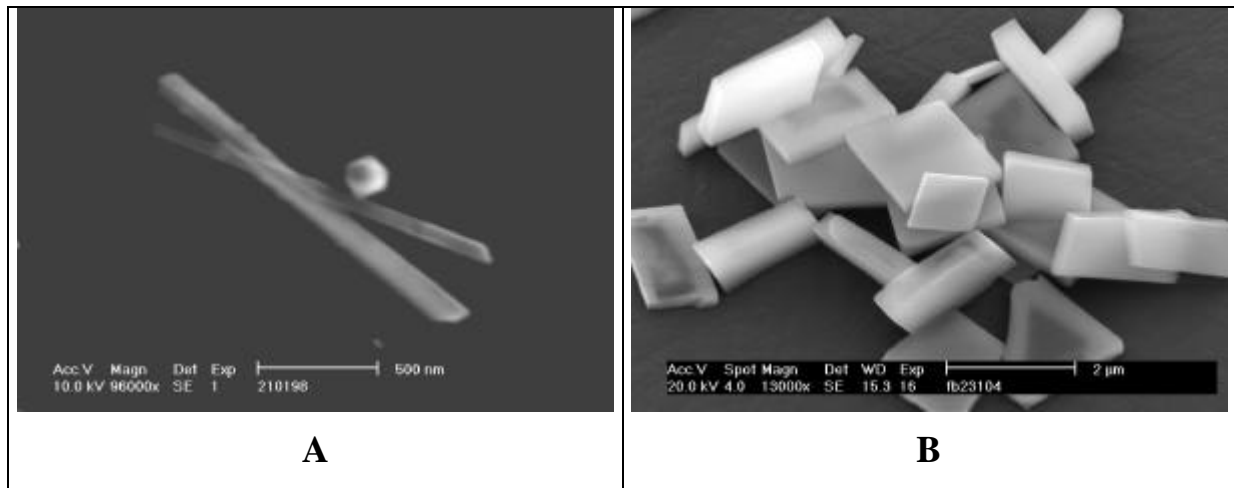
**Abbildung 6-45:** (A) drei kompakte Ammoniumsulfatpartikel bei Beginn der Untersuchung; (B) gleiche Partikel nach ca. 10 sec. Elektronenbeschuss.

	Ammoniumsulfatpartikel
nachweisbare Hauptelemente	O, S
fallweise oder als Nebenbestandteile nachweisbare Elemente	N
Durchmesser [ $\mu\text{m}$ ]	0,1 – 1
Habitus	tröpfchenförmig, glatte Oberfläche, unter $e^-$ -Beschuss Ausbildung einer schwammartigen Struktur

**Tabelle 6-19:** Chemische und morphologische Charakteristika von Ammoniumsulfatpartikeln.

### 6.3.11 Andere Partikel

Die wenigen Partikel, die im Rahmen der Klassifizierung keiner Partikelgruppe zugeordnet werden konnten, wurden in der Gruppe „andere“ zusammengefasst. Mischpartikeln der definierten Partikelgruppen stellen den größten Anteil dieser Gruppe. Auf dem Kleinen Feldberg fanden sich auch einige Bariumsulfatplättchen, die wahrscheinlich als Farbpigmente in die Atmosphäre gelangt sind. Außerdem wurden in einigen Proben Bleibromidnadeln gefunden. Diese können, wie bereits geschildert, Autoabgasen zugeordnet werden.



**Abbildung 6-46** SE-Bilder von anderen Partikeln: (A) Bleibromidnadeln; (B) Bariumsulfatplättchen.

### 6.3.12 Gesamtbeurteilung der rasterelektronenmikroskopischen Einzelpartikelanalyse

Die herausragende Leistungsfähigkeit von REM, ESMA und TEM zur EPA ist in Abschnitt 6 dieser Arbeit in ausführlicher Weise besprochen. Bei der Diskussion und Interpretation der rasterelektronenmikroskopischen EPA-Ergebnisse gilt es allerdings einiges zu beachten.

#### *Strahlbeständigkeit*

So zeigten einige Beispiele bereits, dass nicht alle Partikel strahlbeständig sind. Neben Ammoniumsulfat und den Ruß/Ammoniumsulfat-Mischpartikeln zeigen hierbei auch einige biologische Partikel und seltener auch Gipspartikel Schädigungen. So ist in *Abbildung 6-47(B)* ein Pollen zu sehen, der unter Elektronenbeschuss in sich zusammengefallen ist und so sein charakteristisches Aussehen verloren hat. Solange die Stabilität dieser Partikel im Elektronenstrahl ausreichend ist, um eine EDX-Analyse und damit eine Klassifizierung zu erlauben, kann dies nicht zu Fehlinterpretationen der erhaltenen Ergebnisse führen.

#### *Wasseranteil*

Weiterhin entspricht bereits die Probe, die man im REM vorfindet nicht exakt der Zusammensetzung der Partikel, so wie sie in der Atmosphäre vorliegen. Der in den Partikeln enthaltene (oder den Partikeln anhaftende) Wasseranteil und leicht flüchtige organische Verbindungen (VOC) verdampfen spätestens beim Einbringen der Probe in das Hochvakuumsystem. Neben dem möglichen Verlust gesamter flüchtiger Partikelspezies kann

hierdurch auch die ursprüngliche Form der noch vorhandenen Partikel verändert werden (Kolaltis et al., 1989).

Auf der Oberfläche der Partikel anhaftende Schichten aus Wasser oder VOC beeinflussen aber stark die Löslichkeit und auch die optischen Eigenschaften der Partikel. Dies ist vor allem deshalb von Bedeutung, da ab einer bestimmten Luftfeuchte alle Partikel in der Atmosphäre eine Wasserhaut besitzen oder gar in Lösung vorliegen (McInnes et al., 1996; Rogers et al., 1998). In Abbildung 6-47(A) ist ein eingedunsteter Tropfen gezeigt, der an der ihn umgebenden Halo zu erkennen ist, die beim Abtrocknen auf dem Probenträger entstanden ist.

Die Berücksichtigung einer möglichen Wasserhaut ist für Strahlungstransferrechnungen essentiell. Die ermittelte Größe eines abgetrockneten Partikel und dessen Morphologie besitzen eine geringe Aussagekraft, wenn der Partikel in der Atmosphäre als Lösung vorgelegen hat. Eine direkte Detektion der VOC- oder Wasserkomponente ist mit Hilfe eines LAMPAS (Laser Mass Spectrometry of Particles in the Airborne State) zu erreichen. Das LAMPAS ist eine in situ-Umsetzung eines LAMMA (Lasermikrosonden Massenanalysator) (Wieser und Wurster, 1986). Durch eine Düse wird die Aerosolprobe in das Hochvakuumgerät gesogen. Hierbei gefrieren enthaltene Wasseranteile der Partikel. Mit einem Detektionslaser werden einfallende Partikel registriert und nach einer vorgegebenen Zeit durch einen zweiten Laser verdampft. Bei der massenspektrometrischen Detektion können sowohl positive als auch negative Ionen registriert werden. Ein qualitativer Nachweis des Wassers ist hierdurch möglich. Die Quantifizierung des Wasseranteils bzw. des Anteils der detektierten Elemente ist bei diesen Methoden allerdings nur begrenzt durchführbar.

Durch die Kenntnis von Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchte bei der Probenahme lässt sich der in der Atmosphäre enthaltene Wasseranteil in den Partikeln berechnen (Covert et al., 1980). Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen sollte der hier erarbeitete Datensatz alle von den Modellrechnern geforderten Anforderungen erfüllen und die Erstellung eines Strahlungstransfermodells auf Basis der chemischen Zusammensetzung der Aerosolpartikel ermöglichen.

### *Spurenelemente*

Eine weitere Zusatzinformation, die die Massenspektrometrie im Vergleich zu REM-Analysen bei der EPA liefert, besteht in der Möglichkeit der Detektion von Spurenbestandteilen, die oftmals einen Rückschluß auf die Quellen der Partikel erlauben. So kann der Nachweis von Methansulfonat (MSA) direkt als Nachweis eines marinen

Partikelursprungs interpretiert werden. MSA entsteht als Oxidationsprodukt aus gasförmigem Dimethylsulfid (DMS), welches von maritimen Phytoplankton in die Atmosphäre emittiert wird. Ebenso können Spuren von bestimmten Metallionen (V, Ba, Pb) bei Kohlenstoffpartikeln als Hinweis auf eine anthropogene Verbrennungsquelle dienen.

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Ionisierungswahrscheinlichkeiten der Elemente, die abhängig von der Partikelmatrix sind, gestaltet sich die Klassifizierung der Massenspektren oftmals schwierig. Vergleichsmessungen identischer Partikel an dem in dieser Arbeit verwendeten HRSEM und an einem LAMMA der Universität Hohenheim zeigten, dass silikatische Partikel oftmals im LAMMA nicht korrekt klassifiziert werden konnten.

Als Folge der unterschiedlichen Flüchtigkeiten zeigt Kalium im Massenspektrum bei gleicher Konzentration eine ca. 1000× höhere Intensität als Silizium, wodurch das Massenspektrum von Silikaten (aufgrund von Kalium-Neben- oder -Spurenbestandteilen) von Kalium beherrscht wird, während Silizium oftmals nur im Untergrund erscheint.

Allerdings handelt es sich bei LAMMA im Regelfall um ein reines Analysegerät ohne abbildende Eigenschaften (nur optisches Mikroskop zur Partikeljustierung). Daher ist es noch schwieriger als bei REM-Untersuchungen Aussagen über interne/externe Vermischung zu treffen. Ebenso reicht die Auflösung des optischen Mikroskops nicht aus, um bei der Verdampfung kleiner Partikel ( $< 0,5 \mu\text{m}$ ) sicherzustellen, dass wirklich nur ein Partikel und nicht mehrere gleichzeitig verdampft werden.

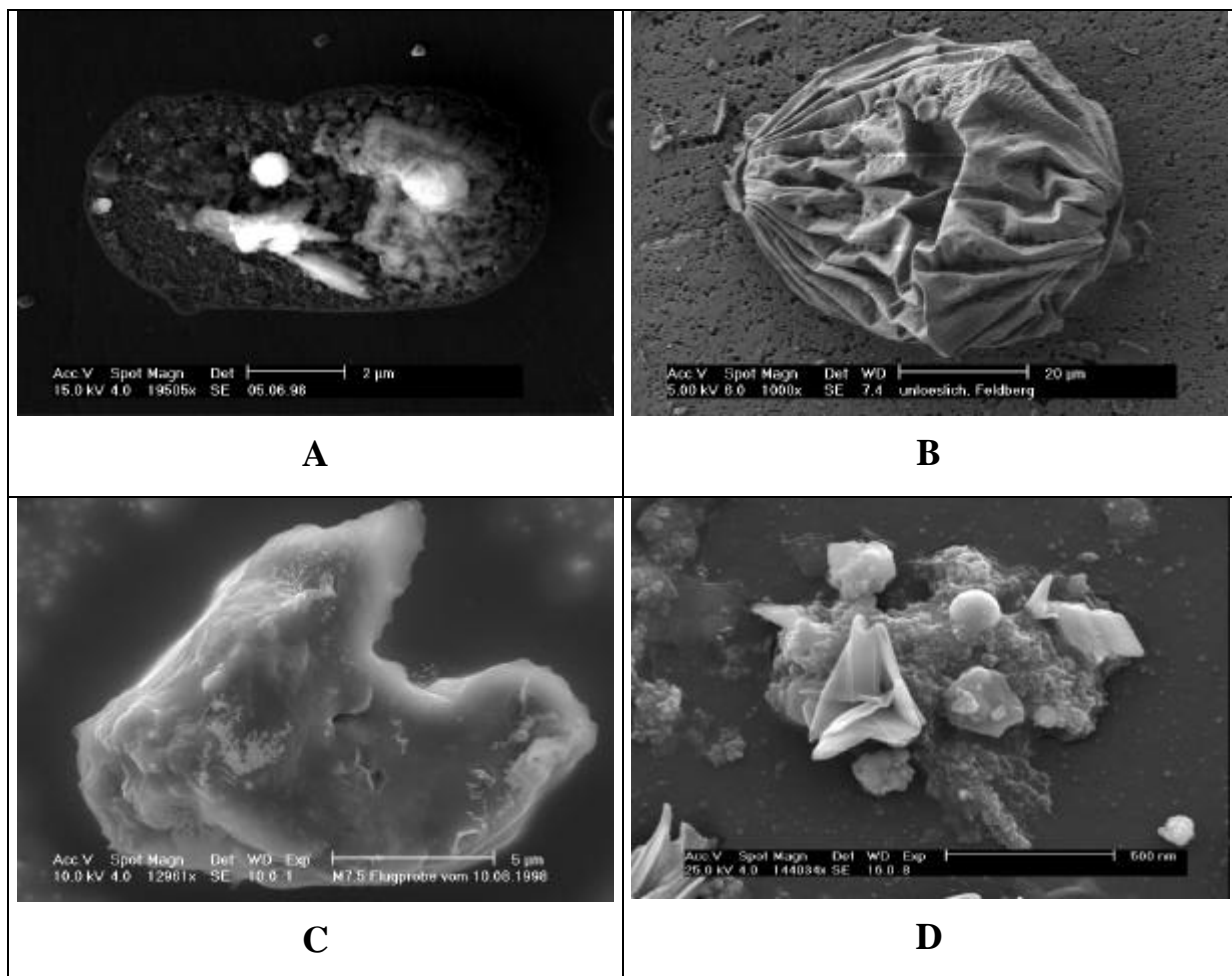
### *Homogenität/Heterogenität*

Auch bei REM-Untersuchungen gilt es zu beachten, dass eine Einzelpartikelanalyse die Gesamtanalyse eines einzelnen Partikels darstellt, der in keiner Weise immer eine reine homogene chemische Zusammensetzung aufweist, sondern im Gegenteil meist ein hochkomplexes System darstellt. So sind ein heterogener Aufbau oder eine vorliegende interne Vermischung mehrerer Komponenten mit der Rasterelektronenmikroskopie meist nicht feststellbar. Untersuchungen mit Hilfe von Sekundärionenmassenspektrometern (SIMS) und verwandten Methoden könnten Ergebnisse über den heterogenen Aufbau von Partikeln liefern, allerdings ist die Probenpräparation und vor allem die Interpretation der erhaltenen Daten schwierig und die Ergebnisse daher nicht unumstritten (Cox et al., 1987; Bentz et al., 1994, 1995A, 1995B; Goschnick et al., 1994; Cereda et al., 1995; Faude und Goschnick, 1995, 1997; Friedbacher et al., 1995).



### Gruppierung/Mischpartikel

Die Einordnung analysierter Partikel in definierte Partikelgruppen bekannter chemischer Zusammensetzung vermittelt den Eindruck, dass es sich um homogene Partikel einer externen Mischung handelt. Lediglich die definierten Mischgruppen gealtertes Seesalz, Seesalz/Silikat-Mischpartikel und Kohlenstoff/Sulfat-Mischpartikel entsprechen nach diesem Bild einer internen Mischung. Es kann aber bei der EPA nicht ausgeschlossen werden, dass gewisse nicht mit dem EDX-System feststellbare interne Vermischungen vorliegen. Einzelne Fälle, in denen man Heterogenitäten morphologisch erkennen kann, sind in *Abbildung 6-47* gezeigt. Auf (C) ist ein Seesalzpartikel zu sehen, das Aufwachsungen von Ammoniumsulfat erkennen lässt (helle Bereiche). In (D) ist ein Beispiel für ein komplexes Mischpartikel (Jambers und Van Grieken, 1996) gezeigt. Die Kohlenstoff-dominierte Matrix enthält neben einer Alumosilikat-Flugaschekugel auch Anteile von Calciumsulfat (solche Mischpartikel wurden in der Analyse als „andere“ klassifiziert).



**Abbildung 6-47:** Schwierigkeiten bei der Partikelzuordnung: (A) abgetrockneter Tropfen mit heterogener chemischer Zusammensetzung; (B) in sich zusammengefallener biologischer Partikel; (C) Seesalzpartikel mit Ammoniumsulfataufwachsungen; (D) Mischpartikel mit silikatischen, kohlenstoffhaltigen und Calciumsulfat-Bestandteilen.

Während eine derartige grobe oberflächliche Vermischung der Partikel auf dem SE-Bild erkannt werden kann, ist dies bei Schichtstrukturen meist nicht möglich.

Diese Punkte müssen bei der Erstellung eines leistungsfähigen Strahlungstransfermodells berücksichtigt werden. Wie in vielen anderen Beispielen analytischer Arbeiten schon gezeigt worden ist, muss auch hier festgehalten werden, dass ein komplettes Ergebnis nur unter Einsatz verschiedener Methoden gewonnen werden kann. Die in dieser Arbeit erarbeiteten Daten müssen deshalb vor ihrem Einsatz noch mit Ergebnissen anderer Experimentatoren (Methoden) ergänzt werden.

## 7 Literatur

**Acker K., Möller D., Marquardt W., Brüggemann E., Wieprecht W., Auel R., Kalaß D.,** Atmospheric Research Program for Studying Changing Emission Patterns After German Unification, *Atmos. Environ.* **32**, 1998, 3435-3443.

**Adeloju S.B., Bond A.M.,** Influence of Laboratory Environment on the Precision and Accuracy of Trace Element Analysis, *Anal. Chem.* **57**, 1985, 1728-1733.

**Ahlheim K. (Hrsg.),** *Meyers kleines Lexikon Meteorologie*, 1987, Meyers Lexikonverlag, Mannheim.

**Ahlheim K. (Hrsg.),** *Wie funktioniert das? Wetter und Klima*, 1989, Meyers Lexikonverlag, Mannheim.

**Alves L.C., Reis M.A., Freitas M.C., Gouveia M.A.,** Elemental Analysis of Particulate Matter and Source Identification in Lisbon, *X-Ray Spectrometry* **27**, 1998, 313-320.

**Anderson J.R., Buseck P.R., Patterson T.L., Arimoto R.,** Characterization of the Bermuda Tropospheric Aerosol by combined Individual-Particle and Bulk-Aerosol Analysis, *Atmos. Environ.* **30**, 1996, 319-338.

**Andrade F., Orsini C., Maenhaut W.,** Relation Between Aerosol Sources and Meteorological Parameters for Inhalable Atmospheric Particles in Sao Paulo City, Brazil, *Atmos. Environ.* **28**, 1994, 2307-2315.

**Andreae, M.O.,** Climatic Effects of Changing Atmospheric Aerosol Levels, In *Future Climates of the World: A Modelling Perspective* (Edited by Henderson-Sellers A.), Elsevier, Amsterdam, 1995, 347-398.

**Andreae M.O., Charlson R.J., Bruynseels F., Storms H., Van Grieken R., Maenhaut W.,** Internal Mixture of Sea-Salt, Silicates, and Excess Sulfate in Marine Aerosols, *Science* **232**, 1986, 1620-1623.

**Andreas E.L., Edson J.B., Monahan E.C., Rouault M.P., Smith S.D.,** The spray contribution to net evaporation from the sea: a review to recent progress, *Boundary-Layer Met.* **72**, 1995, 3-52.

**Artaxo P., Fernandez E.T., Martins J.V., Yamasoe M.A., Hobbs P.V., Maenhaut W., Longo K.M., Castanho A.,** Large-Scale Aerosol Source Apportionment in Amazonia, *Journal of Geophysical Research* **103** No.D24, 1998, 31837-31847.

**Artaxo P., Rabello M.L.C., Maenhaut W., Van Grieken R.,** Trace Elements and Individual Particle Analysis of Atmospheric Aerosols from the Antarctic Peninsula, *Tellus* **44B**, 1992, 318-334.

**Baeyens W., Dedeurwaerder H.,** Particulate Trace Metals Above the Southern Bight of the North Sea- I. Analytical Procedures and Average Aerosol Concentrations, *Atmos. Environ.* **25**, 1991, 293-304.

**Baeyens W., Dedeurwaerder H.**, Particulate Trace Metals Above the Southern Bight of the North Sea- II. Origin and Behaviour of the Trace Metals, *Atmos. Environ.* **25**, 1991, 1077-1092.

**Baeyens W., Gillain G., Decadt G., Elskens I.**, Trace Metals in the Eastern Part of the North Sea. I: Analyses and Short-Term Distributions, *Oceanologica Acta* **10**, 1987, 169-179.

**Bayer H., von Bohlen A., Klockenkämper R., Klockow D.**, Choice of a Suitable Material for Construction of a Battle Type Impactor to Minimize Systematic Errors in Sampling of Airborne Dust, *Mikrochim. Acta* **119**, 1995, 167-176.

**Baltensberger U.**, *Chemische und morphologische Charakterisierung von partikelförmigen Luftfremdstoffen*, Dissertation, Universität Zürich, 1985.

**Baron P.A.**, Direct-reading Instruments for Aerosols, a Review, *Analyst* **119**, 1994, 35-40.

**Barth H.G., Sun S.T., Nickol, R.M.**, Particle Size Analysis, *Anal. Chem* **59**, 1987, 142R-162R.

**Beltz N.** (Hrsg.), *Bericht zum Nordex 96 Workshop vom 14.11.1997 in Frankfurt am Main*, 1998, ZUF-Verlag, Frankfurt am Main.

**Bentz J.W.G., Fichtner M., Goschnik J., Ache H.J.**, Depth-Resolved Speciation of Nitrogen Compounds in Environmental Solids, *Fresenius J. Anal. Chem.* **349**, 1994, 205-207.

**Bentz J.W.G., Goschnik J., Schuricht J., Ache H.J.**, Depth-Resolved Investigation of the Element and Compound Inventory of Aerosol Particles from Outdoor Air, *Fresenius J. Anal. Chem.* **353**, 1995A, 559-564.

**Bentz J.W.G., Goschnik J., Schuricht J., Ache H.J., Zehnpfennig J., Benninghoven A.**, Analysis and Classification of Individual Outdoor Aerosol Particles with SIMS Time-Of-Flight Mass Spectrometry, *Fresenius J. Anal. Chem.* **353**, 1995B, 603-608.

**Bergametti G., Dutot A.L., Menard P.B., Losno R., Remoudaki E.**, Seasonal Variability of the elemental composition of atmospheric aerosol particles over the northwestern Mediterranean, *Tellus* **41B**, 1989, 353-361.

**Bernard P.C., Van Grieken R.E.**, Classification of Eustarine Particles Using Automated Electron Microprobe Analysis and Multivariate Techniques, *Environ. Sci. Technol.* **20**, 1986, 467-473.

**Berner A.**, Ein einfaches Verfahren zur Korrektur von Häufigkeitsverteilungen, die mit einem Vielstufenimpaktor gemessen wurden, *Staub-Reinhalt. Luft* **33**, 1973, 185-188.

**Birmili W.**, *Production of New Ultrafine Aerosol Particles in Continental Air Masses*, Dissertation, Universität Leipzig, 1998.

**Blanchard D.C.**, *Air-Sea Exchange of Gases and Particles*, Riedel Publishing Co. Dordrecht, the Netherlands, 1983.

**Blanchard D.C., Woodcock A.H.**, Bubble formation and modification in the sea and its meteorological significance, *Tellus* **9**, 1957, 145-158.

**Bloch P., Geladi P., Adams F.**, Morphological and Chemical Characterization of Individual Aerosol Particles with Transmission Electron Microscopy, *J.Trace and Microprobe Techniques* **1**, 1982, 137-167.

**Bogen J.**, Trace Elements in Atmospheric Aerosol in the Heidelberg Area, Measured by Instrumental Neutron Activation Analysis, *Atmos.Environ.* **7**, 1973, 1117-1125.

**Bohren C.F., Huffman D.R.**, *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*, 1983, John Wiley & Sons, New York.

**Borbely-Kiss I., Bozo L., Koltay E., Meszaros E., Molnar A., Szabo G.**, Elemental Composition of Aerosol Particles under Background Conditions in Hungary, *Atmos.Environ.* **25A**, 1991, 661-668.

**Brand P., Gebhart J., Below M., Georgi B., Heyder J.**, Characterization of Environmental Aerosols on Heligoland Island, *Atmos.Environ.* **25A**, 1991, 581-585.

**Brinkmann J.**, *Experimentelle Untersuchungen zum Abtrocknen von Lösungs- und Suspensionstropfen (Drop to Particle Conversion)*, 1990, Diplomarbeit, Universität Mainz.

**Bruynseels F., Storms H., Van Grieken R., Van Der Auwera L.**, Characterization of North Sea Aerosols by Individual Particle Analysis, *Atmos.Environ.* **22**, 1988, 2593-2602.

**Bruynseels F., Van Grieken R.**, Direct Detection of Sulfate and Nitrate Layers on Sampled Marine Aerosols by Laser Microprobe Mass Analysis, *Atmos.Environ.* **19**, 1985, 1969-1970.

**Bryson R.A.**, A Perspective on Climate Change, *Science* **184**, 1974, 753-760.

**Buffle J., van Leeuwen H.P.** (Editors), *Environmental Particles Volume 1*, 1992, Lewis Publishers, London.

**Buffle J., van Leeuwen H.P.** (Editors), *Environmental Particles Volume 2*, 1992, Lewis Publishers, London.

**Bundke U.**, *Optische Eigenschaften atmosphärischer Teilchen: Teilchen im Stadtgebiet von Frankfurt am Main und Vergleich zwischen Frankfurt und dem Kleinen Feldberg (Taunus)*, Diplomarbeit, Frankfurt am Main, 1997.

**Busch B.**, Hygroskopisches Verhalten atmosphärischer Partikel im Größenbereich von 50 nm bis 300 nm, In *Bericht zum Nordex 96 Workshop vom 14.11.1997 in Frankfurt am Main* (edited by Beltz N.), 1998, ZUF-Verlag, Frankfurt am Main.

**Butler J.D., Crossley P.**, Scanning Electron Microscopy And X-Ray Fluorescence Analysis Of A Fractionated Urban Aerosol, *The Science of the Total Environment* **19**, 1981, 179-194.

**Cambray R.S., Jefferies D.F., Topping, G.**, *An Estimate of the Input of Atmospheric Trace Elements into the North Sea at Clyde Sea (1972-73)*, 1979, AERE Harwell, England (AERE Report R7733).

**Camenzind M.J., Liang H., Fucsko J., Balazs K.**, How Clean is your Cleanroom?, *Micro* **10/95**, 1995, 49-54.

**Charlson R.J., Lovelock J.E., Andreae M.O., Warren S.G.,** Oceanic Phytoplankton, Atmospheric Sulphur, Cloud Albedo and Climate, *Nature* **326**, 1987, 655-661.

**Charlson R.J., Pilat M.J.,** Climate: The Influence of Aerosols, *J.Appl.Meteorol.***10**, 1969, 1001-1002.

**Cereda E., Marcazzan G.M.B., Pedretti M., Grime G.W., Baldacci A.,** Occurrence Mode of Major and Trace Elements in Individual Fly-ash Particles Nucl.Instr.and Meth. in Phys.Res. **B104**, 1995, 619-624.

**Charlson R.J., Langner J., Rohde H., Leovy C.B., Warren S.G.,** Perturbation of the Northern Hemisphere Radiative Balance by Backscattering from Anthropogenic Sulfate Aerosols, *Tellus* **43AB**, 1991, 152-163.

**Chen L., Arimoto R., Duce R.A.,** The Sources and Forms of Phosphorus in Marine Aerosol Particles and Rain from Northern New Zealand, *Atmos.Environ.* **19**, 1985, 779-787.

**Chester R., Berry A.S., Murphy K.J.T.,** The distributions of particulate atmospheric trace metals and mineral aerosols over the Indian Ocean, *Marine Chemistry* **34**, 1991, 261-290.

**Chester R., Bradshaw G.F.,** Source Control on the Distribution of Particulate Trace Metals in the North Sea Atmosphere, *Marine Pollution Bulletin* **22**, 1991, 30-36.

**Chester R., Bradshaw G.F., Corcoran P.A.,** Trace Metal Chemistry of the North Sea Particulate Aerosol; Concentrations, Sources, and Sea Water Fates, *Atmos.Environ.* **28**, 1994, 2873-2883.

**Chester R., Lin F.J., Murphy K.J.T.,** A Three Stage Sequential Leaching Scheme for the Characterisation of the Sources and Environmental Mobility of Trace Metals in the Marine Aerosol, *Environ.Technol.Letters* **10**, 1989, 887-900.

**Chiminello F., Mittner P., Ceccato D.,** A Multiannual Experiment on Tropospheric Aerosol at Terra Nova Bay (Antarctica): Principal Components, Elemental Ratios and Enrichment Factors, *J.Aerosol Sci.* **29Suppl.1**, 1998, 733-734.

**Chughtai A.R., Brooks M.E., Smith D.M.,** Hydration of Black Carbon, *Journal of Geophysical Research* **101**, 1996, 19505-19514.

**Clegg N.A., Toumi R.,** Non-Sea-Salt-Sulphate Formation in Sea-Salt Aerosol, *Journal of Geophysical Research* **103** No.D23, 1998, 31095-31102.

**Clegg S.L., Brimblecombe P.,** Potential Degassing of Hydrogen Chloride from Acidified Sodium Chloride Droplets, *Atmos.Environ.* **19**, 1985, 465-470.

**Cohen J.J., Montan D.N.,** Theoretical Considerations, Design, and Evaluation of a Cascade Impactor, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1967, 95-104.

**Colbeck I.,** *Physical and Chemical Properties of Aerosol*, 1998, Black Academic Professional, Colchester.

**Corbett J.J., Fischbeck, P.,** Emissions from Ships, *Science* **278**, 1997, 823-824.

**Cornille P., Maenhaut W., Pacyna J.M.,** PIXE Analysis of Size-Fractionated Aerosol Samples Collected at Birkenes, Norway, During Spring 1987, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* **B49**, 1990, 376-382.

**Covert D.S., Waggoner A.P., Weis R.E., Ahlquist N.C., Charlson R.J.,** *Atmospheric Aerosols, Humidity and Visibility*, In The Character and Origins of Smog Aerosols (Edited by Hidy G.M., Mueller P.K., Grosjean D., Appel B.R., Wesolowski J.J.), A Digest of Results from the California Aerosol Characterization Experiment (ACHEX), Wiley, Chichester, 1980, 559-581.

**Cox III X.B., Bryan S.R., Linton R.W., Griffis D.P.,** Microcharacterization of Trace Elemental Distributions within Individual Coal Combustion Particles Using Secondary Ion Mass Spectrometry and Digital Imaging, *Anal.Chem.* **59**, 1987, 2018-2023.

**Crutzen P.J., Birks J.W.,** The Atmosphere after a Nuclear War: Twilight at Noon, *Ambio* **11**, 1982, 114-125.

**Csato I., Zaray G., Gal-Solymos K., Hassler J.,** Direct Analysis of Silicon Carbide Powder by Total Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry, *Applied Spectroscopy* **51**, 1997, 1067-1072.

**Czegeny Z., Berente B., Ovari M., Zaray G., Tapia M.G.,** Microwave Assisted Vapour-Phase Digestion of Cellulose Nitrate Filters for Elemental Analysis of Airborne Dusts, *Magyar Kemiai Folyoirat* **104**, 1998, 374-378.

**Dargie M., Markowicz A., Tajani A., Valkovic V.,** Optimized Sample Preparation Procedures for the Analysis of Solid Materials by Total-Reflection XRF, *Fresenius J.Anal.Chem.* **357**, 1997, 589-593.

**De Bock L.A., Treiger B., Van Der Auwera L., Van Grieken R.E.,** Extraction of Environmental Information from Large Aerosol Data Sets Through Combined Application of Cluster and Factor Analyses, *Mikrochim.Acta* **128**, 1998, 191-200.

**De Bock L.A., Van Malderen H., Van Grieken R.E.,** Individual Aerosol Particle Composition Variations in Air Masses Crossing the North Sea, *Environ.Sci.Technol.* **28**, 1994, 1513-1520.

**Dedeurwaerder H.L.,** *Study of the Dynamic Transport and the Fall-out of some Exotoxicological Heavy Metals in the Troposphere of the Southern Bight of the North Sea*, 1988, Ph.D.thesis, University of Brussels (VUB), Belgium.

**Dixkens J., Fissan H.,** Electrostatic Particle Sampler for Total-Reflection X-Ray Fluorescence Analysis, *J.Aerosol Sci.* **22 Suppl.1**, 1991, S375-S378.

**Duce R.A., Hoffmann G.L., Zoller W.H.,** Atmospheric Trace Metals at Remote Northern and Southern Hemisphere Sites: Pollution or Natural?, *Science* **187**, 1979, 59-61.

**Dzubay T.G., Mamane Y.,** Use of Electron Microscopy Data in Receptor Models for PM-10, *Atmos.Environ.* **23**, 1989, 467-476.

**Ebert M., Dahmen J., Hoffmann P., Ortner H.M.**, Examination of Clean Room Aerosol Particle Composition by Total Reflection X-Ray Analysis and Electron Probe Microanalysis, *Spectrochimica Acta Part B* **52**, 1997, 967-975.

**Echalar F., Artaxo P., Martins J.V., Yamasoe M., Gerab F., Maenhaut W., Holben B.**, Long-Term Monitoring of Atmospheric Aerosols in the Amazon Basin: Source Identification and Apportionment, *Journal of Geophysical Research* **103** No.D24, 1998, 31849-31864.

**Einax J., Geiß S., Michaelis W.**, Multivariate Statistical Analysis of Aerosol Imission Data- An Exemplary Investigation on the North Frisian Island of Pellworm, *Fresenius J.Anal.Chem.***350**, 1994, 614-619.

**Ellis A.T., Holmes M., Kregsamer P., Potts P.J., Strelt C., West M., Wobrauscheck P.**, Atomic Spectrometry Update\_ X-Ray Fluorescence Spectrometry, *J.Anal.At.Spectrom.***13**, 1998, 209R-232R.

**Ensor D.S., Porph W.M., Pilat M.J., Charlson R.J.**, Influence of the Atmospheric Aerosol on Albedo, *J.Appl.Meteorol.***10**, 1971, 1303-1306.

**Esposito F., Pavese G., Romano F., Serio C.**, Daily Variation of the Aerosol Size Distribution at a Rural Location in Southern Italy, *J.Aerosol Sci.* **26 Suppl.1**, 1995, S75-S76.

**Esteve V., Rius J., Ochando L.E., Amigo J.M.**, Quantitative X-Ray Diffraction Phase Analysis of Coarse Airborne Particulate Collected by Cascade Impactor Sampling, *Atmos. Environ.* **31**, 1997, 3963-3967.

**Even A., Smekens A., Khlystov A., Beghmans P., Van Grieken R., Ten Brink H.M.**, Morphology of Internally Mixed Aerosol of Ammonium Sulfate and Soot, *J.Aerosol Sci.* **29Suppl.1**, 1998, S753-S754.

**Fabry L., Pahlke S., Kotz L.**, Accurate Calibration of TXRF using Microdroplet Samples, *Fresenius J.Anal.Chem.***354**, 1996, 266-270.

**Faude F., Goschnik J.**, Depth-resolved Chemical Characterisation of Atmospheric Aerosol Particles Sampled in the Upper Rhine Valley, *J.Aerosol Sci.***26** Suppl.1, 1995, S467-S468.

**Faude F., Goschnik J.**, XPS, SIMS and SNMS Applied to a Combined Analysis of Aerosol Particles from a Region of Considerable Air Pollution in the Upper Rhine Valley, *Fresenius J.Anal.Chem.***358**, 1997, 67-72.

**Fisher G.L., Chang D.P.Y., Brummer M.**, Fly Ash Collected from Electrostatic Precipitators: Microcrystalline Structures and the Mystery of the Spheres, *Science* **192**, 1976, 553-555.

**Fitzgerald J.W.**, Marine Aerosols: a review, *Atmos. Environ.* **25A**, 1991, 533-546.

**Francois F., Maenhaut W., Colin J.L., Losno R., Schulz M., Stahlschmidt T., Spokes L., Jickells T.**, Intercomparison of Elemental Concentrations in Total and Size-Fractionated Aerosol Samples Collected During the Mace Head Experiment, April 1991, *Atmos. Environ.* **29**, 1995, 837-849.



**Fridell M.D., Lindgren E.S., Simpson D.**, Verification of Air Mass Trajectories in Long-Distance Transport Using EDXRF Analysis of Intersite Element Ratios, *X-Ray Spectrometry* **27**, 1998, 121-132.

**Friedbacher G., Grasserbauer M., Meslmani Y., Klaus N., Higatsberger M.J.**, Investigation of Environmental Aerosol by Atomic Force Microscopy, *Analytical Chemistry* **67**, 1995, 1749-1754.

**Friedlander S.K.**, Chemical Element Balances and Identification of Air Pollution Sources, *Environ.Sci.Technol.* **3**, Vol.7, 1973, 235-240.

**Fruhstorfer P., Niessner R.**, Identification and Classification of Airborne Soot Particles Using an Automated SEM/EDX, *Mikrochim.Acta* **113**, 1994, 239-250.

**Fuchs N.A.**, Sampling of Aerosols, *Atmos.Environ.* **9**, 1975, 697-707.

**Fuzzi** (Editor), *The Kleiner Feldberg Cloud Experiment*, 1990, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

**Germani M.S., Small M., Zoller W.H., Moyers J.L.**, Fractionation of Elements during Copper Smelting, *Environ.Sci.Techn.* **15**, 1981, 299-305

**Gieray R., Wieser P., Engelhardt T., Swietlicki E., Hansson H.-C., Mentes B., Orsini D., Martinsson B., Svenningsson B., Noone K.J., Heintzenberg J.**, Phase Partitioning of Aerosol Constituents in Cloud Based on Single-Particle and Bulk Analysis, *Atmos. Environ.* **31A**, 1997, 2491-2502.

**Gillette D.A., Walker T.R.**, Characteristics of Airborne Particles Produced by Wind Erosion of Sandy Soil, High Plains of West Texas, *Soil Science* **123**, 1977, 97-110.

**Goldstein J. I et al.**, *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*, 1994, Plenum Press, New York.

**Gordon G.E.**, Receptor Models, *Environ.Sci.Technol.* **22**, 1988, 1132-1142.

**Goschnik J., Schuricht J., Ache H.J.**, Depth-Structure of Airborne Microparticles Sampled Downwind from the City of Karlsruhe in the River Rhine Valley, *Fresenius J.Anal.Chem.* **350**, 1994, 426-430.

**Graham W.F., Piotrowicz S.R., Duce R.A.**, The Sea as a Source of Atmospheric Phosphorus, *Marine Chemistry* **7**, 1979, 325-342.

**Griffiths W.D., DeCosomo G.A.L.**, The Assessment of Bioaerosols: a Critical Review, *J.Aerosol Sci.* **25**, 1994, 1425-1458.

**Gruber S., Matthias-Maser S., Brinkmann J. and Jaenicke R.**, Vertical Distribution of Biological Aerosol Particles above the North Sea, *J.Aerosol Sci.* **29 Suppl.1**, 1998, S771-S772.

**Gu B., Schmitt J., Chen Z., Liang L., McCarthy J.F.,** Adsorption and Desorption of Natural Organic Matter on Iron Oxide: Mechanisms and Models, *Environ.Sci.Technol.* **28**, 1994, 38-46.

**Hämeri K., Kulmala M., Aalto P., Leszczynski K., Visuri R., Hämeikoski K.,** The Investigation of Aerosol Particle Formation in Urban Background Area of Helsinki, *Atmospheric Research* **41**, 1996, 281-298.

**Hänel G.,** Optical Properties of Atmospheric Particles: Complete Parameter Sets Obtained Through Polar Photometry and an Improved Inversion Technique, *Appl.Optics* **Vol.33 No.30**, 1994, 7187-7199.

**Hamilton R.S., Mansfield T.A.,** Airborne Particulate Elemental Carbon: Its Sources, Transport and Contribution to Dark Smoke and Soiling, *Atmos.Environ.* **25A**, 1991, 715-723.

**Harrison R.M., Smith D.J.T., Pio C.A., Castro L.M.,** Comparative Receptor Modelling Study of Airborne Particulate Pollutants in Birmingham (United Kingdom), Coimbra (Portugal) and Lahore (Pakistan), *Atmos. Environ.* **31**, 1997, 3309-3321.

**Harrison R.M., Sturges W.T.,** Physico-Chemical Speciation and Transformation Reactions of Particulate Atmospheric Nitrogen and Sulphur Compounds, *Atmos.Environ.* **18**, 1984, 1829-1833.

**Harrison R.M., Van Grieken R.** (Editors), *Atmospheric Particles* IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems Vol.5, 1998, John Wiley & Sons, New York.

**Harvey M.J., Fisher G.W., Lechner I.S., Isaac P., Flower N.E., Dick A.L.,** Summertime Aerosol Measurements in the Ross Sea Region of Antarctica, *Atmos.Environ.* **25A**, 1991, 569-580.

**Haswell S.J., Walmsley A.D.,** Multivariate Data Visualisation Methods Based on Multi-Elemental Analysis of Wines and Coffees Using Total Reflection X-Ray Fluorescence Analysis, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* **13**, 1998, 131-134.

**Havlicek D., Pribil R., Skoloud O.,** The Chemical and Mineralogical Composition of the Water-Soluble Fraction of Power-Plant Ash and its Effect on the Process of Crystallization of Water, *Atmos.Environ.* **27A**, 1993, 655-660.

**Hein M.,** *Charakterisierung atmosphärischer Proben und dünner Schichten mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse mit totalreflektierendem Probenträger (TRFA) und Untersuchungen der Fundamentalparameter für die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)*, 1992, Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt.

**Hein M., Hoffmann P., Lieser K.H., Ortner H.M.,** Application of X-Ray Fluorescence Analysis with Total-Reflection (TXRF) in material science, *Fresenius J. Anal. Chem* **343**, 1992, 760-764.

**Heintzenberg J.,** Fine Particles in the Global Troposphere, a Review, *Tellus* **41B**, 1989, 149-160.

**Herrmann P.**, *Optische Eigenschaften atmosphärischer Partikel auf dem Kleinen Feldberg (Taunus)*, 1994, Diplomarbeit, Universität Frankfurt am Main.

**Hildemann L.M., Klinedinst D.B., Klouda G.A., Currie L.A., Cass G.R.**, Sources of Urban Contemporary Carbon Aerosol, *Environ.Sci.Technol.* **9**, 1994, 1565-1575.

**Hobbs P.V.**, *Aerosol-Cloud\_Climite Interactions*, 1993, Academic Press, San Diego.

**Hoffmann P., Lieser K.H., Hein M., Flakowski M.**, Analysis of Thin Layers by Total-Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry, *Spectrochimica Acta* **44B**, 1989, 471-476.

**Hoffmann P., Dedik A.N., Ensling J., Weinbruch S., Weber S., Sinner T., Gütlich P., Ortner H.M.**, Speciation of Iron in Atmospheric Aerosol Samples, *J. Aerosol Sci.* **27**, 1996, 325-337.

**Holynska B., Ptasiński J., Maenhaut W., Annegarn H.J.**, Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer with Capillary Optics for the Chemical Analysis of Atmospheric Aerosols with High Time Resolution, *J.Aerosol Sci.* **28**, 1997, 1455-1463.

**Hopke P.K.**, *Receptor Modelling in Environmental Chemistry*, 1985, John Wiley and Sons, New York.

**Horvath H.**, Comparison of the Light Absorption Coefficient and Carbon Measures for Remote Aerosols: An Independent Analysis of Data from the Improve Network I and II: Discussion, *Atmos.Environ.* **31**, 1997, 2885-2887.

**Horvath H.**, *Influence of Atmospheric Aerosols upon the Global Radiation Balance*, In Atmospheric Particles IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems Vol.5 (Edited by Harrison R.M., Van Grieken R.), 1998, John Wiley & Sons, New York.

**Houghton J.T., Callander B.A., Varney K.**, *Climate Change 1992: The Supplementary Report of the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge 1992, 200.

**Huang X., Olmez I., Aras N.K., Gordon G.E.**, Emissions of Trace Elements from Motor Vehicles: Potential Marker Elements and Source Composition Profile, *Atmos.Environ.* **28**, 1994, 1385-1391.

**Injuk J., Van Grieken R.**, Atmospheric Concentrations and Deposition of Heavy Metals over the North Sea: A Literature Review, *Journal of Atmospheric Chemistry* **20**, 1995A, 179-212.

**Injuk J., Van Grieken R.**, Optimisation of Total-Reflection X-Ray Fluorescence for Aerosol Analysis, *Spectrochimica Acta Part B* **50**, 1995B, 1787-1803.

**Injuk J., Van Grieken R., Klockenkämper R., von Bohlen A., Kump P.**, Performance and Characteristics of two Total Reflection X-Ray Fluorescence and a Particle Induced X-Ray Emission Setup for Aerosol Analysis, *Spektrochimica Acta* **B52**, 1997, 977-984.

**Injuk J., Van Malderen H., Van Grieken R., Swietlicki E., Knox J.M., Schfield R.,** EDXRS Study of Aerosol Composition Variations in Air Masses Crossing the North Sea, *X-Ray Spectrometry*, Vol.22, 1993, 220-228.

**Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) World Meteorological Office,** *United Nations Environmental Programme, Radiative Forcing of Climate Change*, 1995, The 1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC. Summary for Policymakers.

**Jaenicke R.** (Hrsg.), *Atmosphärische Spurenstoffe*, 1987, VCH, Weinheim.

**Jambers W., De Bock L., Van Grieken R.,** Recent Advances of Individual Environmental Particles, a Review, *Analyst* **120**, 1995, 681-692.

**Jambers W., Van Grieken R.,** A Message in the Dust, *Analysis Europe*, 1996, 25-29.

**Jennings S.G., Geever M., McGovern F.M., Francis J., Spain T.G., Donaghy T.,** Microphysical and Physico-Chemical Characterization of Atmospheric Marine and Continental Aerosol at Mace Head, *Atmos. Environ.* **31**, 1997, 2795-2808.

**John W., Kaifer R., Rahn K., Wesolowski J.J.,** Trace Element Concentrations in Aerosols from the San Francisco Bay Area, *Atmos. Environ.* **7**, 1973, 107-118.

**Kamm K.,** Schwermetallanreicherung und Partikelgröße, *Staub-Reinhaltung der Luft* **46**, 1986, 116-119.

**Kasahara M., Shinoda K., Yoshida K., Takahashi K.,** Characterization of Atmospheric Aerosol Based on SEM-EDX Analysis of Individual Particle, *J.Aerosol Sci.* **24**, 1993, S585-S586.

**Kasper G., Wen H.Y., Berner A.,** *An Inertial Sampling Technique for Identification of Submicron Particle Content in High-Purity Gas Streams and Clean Rooms*, Proc.-Institute of Environmental Sciences 31<sup>st</sup> Annual Meeting, 1985, 99-101.

**Kellog W.M.,** *Aerosols and Climate*, In Interactions of Energy and Climate (Edited by Bach W., Pankrath J., Williams J.), Reidel, Dordrecht, 1980, 281-296.

**Kemp K.,** Long Term Analysis of Marine and Nonmarine Transported Aerosols, *Nucl.Inst.Methods* **B3**, 1984, 860-871.

**Kerminen V.M., Pakkanen T., Hillamo R.,** Interactions between Inorganic Trace Gases and Supermicrometer Particles at a Coastal Site, *Atmos. Environ.* **31**, 1997, 2753-2765.

**Kerminen V.M., Teinilä K., Hillamo R., Pakkanen T.,** Substitution of Chloride in Sea-Salt Particles by Inorganic and Organic Anions, *J.Aerosol Sci.* **29**, 1998, 929-942.

**Kersten M., Dicke M., Kriews M., Naumann K., Schmidt D., Schulz M., Schwikowski M., Steiger M.,** *Distribution and Fate of Heavy Metals in the North Sea*, In Pollution of the North Sea. An Assessment (Edited by W.Salomons, B.L.Bayne, E.K.Duursma and U.Forstner), Springer Verlag, Berlin, 1989, 300-347.

**Ketelsen P., Knöchel A.**, Multielementanalyse von Aerosolen mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse mit totalreflektierenden Probenträgern, *Fresenius Z.Anal.Chem* **317**, 1984, 333-342.

**Khalil M.A.K., Rasmussen R.A.**, Atmospheric Carbon Monoxide: Latitudinal Distribution of Sources, *Geophysical Research Letters* **17**, 1990, 1913-1916.

**Kind K.K., Wassermann P.D., Rochelle G.T.**, Effects of Salts on Preparation and Use of Calcium Silicates for Flue Gas Desulfurization, *Environ.Sci.Technol.* **2**, 1994, 277-283.

**Klockenkämper R.**, *Total-Reflection X-Ray Fluorescence Analysis*, 1997, John Wiley & Sons, New York.

**Klockenkämper R., Bayer H., von Bohlen A., Schmeling M., Klockow D.**, Collection of Airborne Particulate Matter for a Subsequent Analysis by Total Reflection X-Ray Fluorescence, *Analytical Sciences* **11**, 1995A, 495-498.

**Klockenkämper R., Bayer H., von Bohlen A.**, Total Reflection X-Ray Fluorescence Analysis of Airborne Particulate Matter, *Advances in X-Ray Chemical Analysis Japan* **26**, 1995B, 41-46.

**Klockenkämper R., Knoth J., Prange A., Schwenke H.**, Total-Reflection X-Ray Fluorescence Spectroscopy, *Analytical Chemistry* **64**, 1992, 1115-1121.

**Klockenkämper R., von Bohlen A.**, Total Reflection X-Ray Fluorescence – An Efficient Method for Micro-, Trace- and Surface Layer Analysis, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* **7**, 1992, 273-279.

**Klockenkämper R., von Bohlen A.**, Elemental Analysis of Environmental Samples by Total-Reflection X-Ray Fluorescence: a Review, *X-Ray Spectrometry* **25**, 1996, 156-162.

**Klockow D., Jablonski B., Nießner R.**, Possible Artifacts in Filter Sampling of Atmospheric Sulphuric Acid and Acidic Sulfates, *Atmos.Environ.* **13**, 1979, 1665-1676.

**Knoth J., Schwenke H.**, An X-Ray Fluorescence Spectrometer with Totally Reflecting Sample Support for Trace Analysis at the ppb-Level, *Fresenius Z.Anal.Chem.* **291**, 1978, 200-204.

**Kokhanovsky A.A., Zege E.P.**, Optical Properties of Aerosol Particles: A Review of Approximate Analytical Solutions, *J.Aerosol Sci.* **28**, 1997, 1-21.

**Kolaltis L.N., Bruynseels F.J., Van Grieken R., Andreae M.O.**, Determination of Methanesulfonic Acid and Non-Sea-Salt Sulfate in Single Marine Aerosol Particles, *Environ.Sci.Technol.* **23**, 1989, 236-240.

**Koltay E.**, The Application of PIXE and PIGE Techniques in the analytics of atmospheric aerosols, *Nucl.Instr.Methods Phys.Res.* **B85**, 1994, 75-83.

**Kramar U.**, Advances in Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence, *Journal of Geochemical Exploration* **58**, 1997, 73-80.

**Krasenbrink A.**, Partikelförmige Dieselmotoremissionen und ihr Beitrag zur Immissionsbelastung in Städten Niedersachsens, 1996, *Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover* **51**.

**Kretzschmar J.G., Cosemans G.**, A Five Year Survey of Some Heavy Metal Levels in the Air at the Belgian North Sea Coast, *Atmos. Environ.* **13**, 1979, 267-277.

**Kriews M.**, Charakterisierung mariner Aerosole in der Deutschen Bucht sowie Prozesstudien zum Verhalten von Spurenmetallen beim Übergang Atmosphäre/Meerwasser, 1992, Dissertation, Universität Hamburg.

**Kriews M., Schrems O.**, Spatial Distribution of Trace Elements in Aerosols over the Atlantic Ocean, *J. Aerosol Sci.* **29** Suppl.1, 1998, 735-736.

**Kump P., Necemer M., Veber M.**, Determination of Trace Elements in Mineral Water Using Total Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry after Preconcentration with Ammonium Pyrrolidinedithiocarbamate, *X-Ray Spectrometry* **26**, 1997, 232-236.

**Lantzy R.J., McKenzie F.T.**, Atmospheric trace metals: global cycles and assessment of man's impact, *Geochimica et Cosmochimica Acta* **43**, 1979, 511-525.

**Lazaridis M., Koutrakis P.**, Simulation of Formation and Growth of Atmospheric Sulfate Particles, *J. Aerosol Sci.* **28**, 1997, 107-119.

**Lieser K.H., Flakowski M., Hoffmann P.**, Determination of Trace Elements in Small Water Samples by Total Reflection X-Ray Fluorescence (TXRF) and by Neutron Activation Analysis (NAA), *Fresenius J. Anal. Chem.* **350**, 1994, 135-138.

**Little P., Wiffen R.D.**, Emission and Deposition of Petrol Engine Exhaust Pb-I. Deposition of Exhaust Pb to Plant and Soil Surfaces, *Atmos. Environ.* **11**, 1977, 437-447.

**Maenhaut W., Cafmeyer J.**, Long-Term Atmospheric Aerosol Study at Urban and Rural Sites in Belgium Using Multi-Elemental Analysis by Particle-Induced X-Ray Emission Spectrometry and Short-Irradiation Instrumental Neutron Activation Analysis, *X-Ray Spectrometry* **27**, 1998, 236-246.

**Maenhaut W., Salomomovic R., Ptasinski J., Grime G.W.**, Nuclear Microprobe Analysis of Atmospheric Aerosol Samples: Comparison with Bulk Measurements and Analysis of Individual Particles, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* **B130**, 1997, 576-581.

**Mamane Y., Dzubay T.G.**, Fly Ash Concentrations in Philadelphia Aerosol Determined by Electron Microscopy, *Water, Air, and Soil Pollution* **37**, 1988, 389-405.

**Mamane Y., Dzubay T.G., Ward R.**, Sulfur Enrichment of Atmospheric Minerals and Spores, *Atmos. Environ.* **26A**, 1992, 1113-1120.

**Mamane Y., Ganor E., Donagi A.E.**, Aerosol Composition of Urban and Desert Origin in the Eastern Mediterranean.I, *Water, Air, and Soil Pollution* **14**, 1980, 29-43.

**Mamane Y., Gottlieb J.**, Nitrate Formation on Sea-Salt and Mineral Particles-a Single Particle Approach, *Atmos. Environ.* **26A**, 1992, 1763-1769.

**Mamane Y., Noll K.E.**, Characterization of Large Particles at a Rural Site in the Eastern United States: Mass Distribution and Individual Particle Analysis, *Atmos. Environ.* **19**, 1985, 611-622.

**Marcazzan C.M.B.**, Application of X-Ray Analysis to the Study of Air Particle Pollution in Northern Italy, *X-Ray Spectrometry* **27**, 1998, 247-256.

**Marple V.A., Willeke K.**, Inertial Impactors: Theorie, Design and Use; in Liu B.Y.H. (ed.) *Fine Particles, Aerosol Generation, Measurement, Sampling and Analysis*, Academic Press, New York, 1976, 411-446.

**Matschullat J., Tobschall H.J., Voigt H.J.**, *Geochemie und Umwelt*, 1997, Springer Verlag, Berlin.

**Matthias-Maser S.**, *Entwicklung einer Methode zur Identifizierung von biologischen Aerosolpartikeln mit Radius  $r > 0,2 \mu\text{m}$  zur Bestimmung ihrer atmosphärischen Größenverteilung*, 1992, Dissertation, Universität Mainz.

**Matthias-Maser S., Jaenicke R.**, Biological and Biologically Contaminated Aerosol Particles in Marine Air, *J. Aerosol Sci.* **24** Suppl.1, 1993, S539-S540.

**Mauney T., Adams F.**, Laser Microprobe Mass Spectrometry of Environmental Soot Particles, *The Science of the Total Environment* **36**, 1984, 215-224.

**McCormick R.A., Ludwig J.H.**, Climate Modification by Atmospheric Aerosols, *Science* **156**, 1967, 1358-1359.

**McInnes L., Covert D., Baker B.**, The number of sea-salt, sulfate, and carbonaceous particles in the marine atmosphere: EM Measurement Consistent with the Ambient Size Distribution, *Tellus* **49B**, 1997, 300-313.

**McInnes L.M., Quinn P.K., Covert D.S., Anderson T.L.**, Gravimetric Analysis, Ionic Composition, and Associated Water Mass of the Marine Aerosol, *Atmos. Environ.* **30**, 1996, 869-884.

**Mercer T.T., Stafford R.G.**, Impaction from Round Jets, *Ann. Occup. Hyg.* **12**, 1969, 41-48.

**Meszaros E., Molnar A., Ogren J.**, Scattering and Absorption Coefficients vs. Chemical Composition of Fine Atmospheric Aerosol Particles Under Regional Conditions in Hungary, *J. Aerosol Sci.* **29**, 1998, 1171-1178.

**Michaelis W.**, Multielement Analysis of Environmental Samples by Total-Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry, Neutron Activation Analysis and Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy, *Fresenius Z. Anal. Chem.* **324**, 1986, 662-671.

**Milford J., Davidson C.I.**, The Size of Particulate Trace Elements in the Atmosphere-a Review, *J. Air Pollut. Control Ass.* **35A**, 1985, 1249-1260.

**Mitchell Jr.J.M.**, The Effect of Atmospheric Aerosols on Climate with special Reference to Temperature near the Earth`s surface, *J.Appl.Meteorol.***10**, 1971, 703-714.

**Morgan J.M., Bretthauer E.W.**, Metals in Bioenvironmental Systems, *Anal.Chem.***49**, 1977, 1210A-1214A.

**Mouri H.M., Okada K.**, Shattering and Modification of Sea-Salt Particles in the Marine Atmosphere, *Geophysical Research Letter* **20**, 1993, 49-52.

**Muia L.M., Razafindramisa F.L., Van Grieken R.E.**, Total Reflection X-Ray Fluorescence analysis using an extended focus tube for the determination of dissolved elements in rain water, *Spectrochimica Acta* **46B**, 1991, 1421-1427.

**Murphy D.H., Anderson J.R., Quinn P.K., McInnes L.M., Brechtel F.J., Kreidneweis S.M., Middlebrock A.M., Posfai M., Thompson D.S., Buseck P.R.**, Influence of Sea-Salt on Aerosol Radiative Properties in the Southern Ocean Marine Boundary Layer, *Nature* **392**, 1998, 62-65.

**Nottrodt K.H., Georgii H.W., Groeneveld K.O.**, Absolute Element Concentrations in Aerosols Analysed by Atomic-Absorption-Spectroscopy and by Proton-Induced X-Ray Emission, a Comparison, *J.Aerosol Sci.* **9**, 1978, 169-173.

**NriaguJ.O.**, The Rise and Fall of Leaded Gasoline, *Sc.Tot.Environ.***92**, 1990, 13-28.

**Ocker B., Wurster R., Seiler H.**, Investigation of Nanoparticles in High Resolution Scanning Electron Microscopy (SEM) and Low Voltage SEM by Digital Image-Analysis, *Scanning Microscopy* **9**, 1995, 63-73.

**O`Dowd C., Smith M.H., Consterdine I.E., Lowe J.A.**, Marine Aerosol, Sea-Salt, and the Marine Sulphur Cycle: a Short Review, *Atmos.Environ.* **31**, 1997, 73-80.

**Olendrzynski K., Anderberg S., Bartnicki J., Pacyna J.M., Stigliani W.**, *Atmospheric Emissions and Depositions of Cadmium, Lead and Zinc in Europe during the Period 1955-1987*, IIASA Rept. WP-95-35, 1995, International Institute for Applied Systems Analysis, Luxembourg.

**Otten P., Bruynseels F., Van Grieken R.**, Nitric Acid Interaction with Marine Aerosols Sampled by Impaction, *R.Bull.Soc.Chim.Belg.***95**, 1986, 447-453.

**Ottley C.J., Harrison R.M.**, The Spatial Distribution and Particle Size of Some Inorganic Nitrogen, Sulphur and Chlorine Species over the North Sea, *Atmos.Environ.* **26A**, 1992, 1689-1699.

**Ottley C.J., Harrison R.M.**, Atmospheric Dry Deposition Flux of Metallic Species to the North Sea, *Atmos.Environ.* **27A**, 1993, 685-685.

**Pacyna J.M.**, Estimation of the Atmospheric Emissions of Trace Elements from Anthropogenic Sources in Europe, *Atmos. Environ.* **18**, 1984, 41-50.



**Pakkanen T.A., Kerminen V-M., Hillamo R.E., Mäkinen M., Mäkelä T., Virkkula A.,** Distribution of Nitrate over Sea-Salt and Soil Derived Particles- Implications from a Field Study, *J. of Atmosph.Chemistry* **24**, 1996, 189-205.

**Pardess D., Levin Z., Ganor E.,** A New Method for Measuring the Mass of Sulphur in Single Aerosol Particles, *Atmos.Environ.* **26A**, 1992, 675-680.

**Parungo F., Ackermann E., Proulx H., Pueschel R.,** *Electron Microscopy and X-Ray Applications to Environment and Occupational Health Analysis*, Russel, 1979, P.A., Hutchings, A.E., Eds., Ann Arbor Science: Ann Arbor, MI.

**Parekh P.P., Ghauri B., Siddiqi Z.R., Husain L.,** The Use of Chemical and Statistical Methods to Identify sources of selected Elements in Ambient Air Aerosols in Karachi, Pakistan, *Atmos.Environ.* **21**, 1987, 1267-1274.

**Penner J.E., Dickinson R.E., O'Neill C.E.,** Effects of Aerosol from Biomass Burning on the Global Radiation Budget, *Science* **256**, 1992, 1432-1434.

**Piketh S.J., Annegarn H.J., Tyson P.D.,** Lower Tropospheric Aerosol Loadings over South Africa: The Relative Contribution of Aeolian Dust, Industrial Emissions, and Biomass Burning, *Journal of Geophysical Research* **104** No.D1, 1999, 1597-1607.

**Pio C.A., Castro L.M., Cerqueira M.A., Santos I.M., Belchior F., Salgueiro M.L.,** Source Assessment of Particulate Air Pollutants Measured at the Southwest European Coast, *Atmos.Environ.* **30**, 1996, 3309-3320.

**Post J.E., Buseck P.R.,** Quantitative Energy-Dispersive Analysis of Lead Halide Particles from the Phoenix Urban Aerosol, *Environ.Sci.Technol.* **19**, 1985, 682-685.

**Prange A., Kramer K., Reus U.,** Determination of Trace Element Impurities in Ultrapure Reagents by Total Reflection X-Ray Spectrometry, *Spectrochimica Acta* **46B**, 1991, 1385-1393.

**Prange A., Reus U., Böttcher H., Fischer R., Adolf F.P.,** Microanalysis in Forensic Science: Characterization of Single Textile Fibers by Total Reflection X-Ray Fluorescence, *Analytical Sciences* **11**, 1995, 483-487.

**Pueschel R.F., Boatman J.F., Artz R.S.,** Aerosols over the Western Atlantic: Scale Heights, Concentrations and Fluxes, *Atmos.Environ.* **22**, 1988, 2371-2380.

**Querol X., Alastuey A., Lopez-Soler A., Mantilla E., Plana F.,** Mineral Composition of Atmospheric Particulates Around a Large Coal Fired Power Station, *Atmos.Environ.* **30**, 1996, 3557-3572.

**Raemdnock H., Maenhaut W., Andreae M.O.,** Chemistry of Marine Aerosol Over the Tropical and Equatorial Pacific, *Journal of Geophysical Research* **91**, 1986, 8623-8636.

**Rao A.K., Whitby K.T.,** Non-Ideal Collection Characteristics of Inertial Impactors- II. Cascade Impactors, *J.Aerosol Sci.* **9**, 1978, 87-100.

**Rao A.K., Whitby K.T.**, Non-Ideal Collection Characteristics of Inertial Impactors- I. Single Stage Impactors and Solid Particles, *J.Aerosol Sci.* **9**, 1978, 77-86.

**Rasool S.I., Schneider S.H.**, Atmospheric Carbon Dioxide and Aerosols: Effects and Large Increases on Global Climate, *Science* **173**, 1971, 138-141.

**Ravishankara A.R.**, Heterogeneous and Multiphase Chemistry in the Troposphere, *Science* **276**, 1997, 1058-1065.

**Reed S.J.B.**, *Electron microscopy analysis, 2.edition*, 1993, University Press, Cambridge.

**Reiter R., Pötzel K.**, Entstehung von feinen Aerosol-Partikeln bei metallurgischen Hochtemperaturprozessen, *Staub-Reinhaltung der Luft* **45**, 1985, 66-74.

**Reus U.**, Total Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry: Matrix Removal Procedures for Trace Analysis of High-Purity Silicon, Quartz and Sulphuric Acid, *Spektrochimica Acta* **44B**, 1989, 533-541.

**Reus U., Prange A.**, An Analyst's Approach to Total Reflection XRF: Features and Applications, *Spectroscopy Europe* **5/1**, 1993, 26-33.

**Rietmeijer F.M., Janeczek J.**, An Analytical Electron Microscope Study of Airborne Industrial Particles in Sosnowiec, Poland, *Atmos. Environ.* **31**, 1997, 1941-1951.

**Rogers C.F., Watson J.G., Day D., Oraltay R.G.**, Real-Time Liquid Water Mass Measurement for Airborne Particulates, *Aerosol Science and Technology* **29**, 1998, 557-562.

**Rojas C.M., Injuk J., Van Grieken R.E., Laane R.W.**, Dry and Wet Deposition Fluxes of Cd, Cu, Pb and Zn into the Southern Bight of the North Sea, *Atmos. Environ.* **27A**, 1993, 251-259.

**Rojas C.M., Van Grieken R.E.**, Electron Microprobe Characterization of Individual Aerosol Particles Collected by Aircraft Above the Southern Bight of the North Sea, *Atmos. Environ.* **26**, 1992, 1231-1237.

**Sachs L.**, *Angewandte Statistik*, 6<sup>th</sup> edition, 1984, Springer-Verlag, Berlin.

**Salva A., von Bohlen A., Klockenkämper R., Klockow D.**, Multielement analysis of airborne particulate matter by Total Reflection X-Ray Fluorescence, *Quimica Analitica* **12**, 1993, 57-62.

**Sanchez H.J.**, Theoretical Calculations of Detection Limits in Total Reflection XRF Analysis, *X-Ray Spectrometry* **28**, 1999, 51-58.

**Schiavuta E.**, PIXE Methods and Sea-Air Exchange of Materials, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* **B109/119**, 1996, 381-384.

**Schmeling M., Klockenkämper R., Klockow D.**, Application of Total-Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry to the Analysis of Airborne Particulate Matter, *Spektrochimica Acta* **52B**, 1997, 985-994.

**Schneider B.**, Source Characterization for Atmospheric Trace Metals Over Kiel Bight, *Atmos. Environ.* **21**, 1987, 1275-1283.

**Schneider B.**, The Determination of Atmospheric Trace Metal Concentrations by Collection of Aerosol Particles on Sample Holders for Total Reflection X-Ray Fluorescence, *Spektrochimica Acta* **44B**, 1989, 519-523.

**Schroeder W.H., Dobson M., Kane D.M., Johnson N.D.**, Toxic Trace Elements Associated with Airborne Particulate Matter: a Review, *J. Air Pollut. Cont. Assoc.* **37**, 1987, 1267-1285.

**Schulz M., Stahlschmidt T., Francois F., Maenhaut W., Larsen S.E.**, *The Change of Aerosol Size Distributions measured in a Lagrangian-type Experiment to Study Deposition and Transport Processes in the Marine Atmosphere*, The Proceedings of Eurotrac Symposium`94, Academic Publishing bv., The Hague, 1994, 702-706.

**Schulz M., Steiger M., Schwikowski M., Kriews M., Naumann K., Dannecker W.**, Variability of ambient Trace Element Concentrations at the North Sea with Respect to Air Mass History, *J. Aerosol Sci.* **19**, 1988, 1171-1174.

**Sethi V., John W.**, Particle Impaction Patterns from a Circular Jet, *Aerosol Science and Technology* **18**, 1993, 1-10.

**Shattuck T.W., Germani M.S., Buseck P.R.**, Multivariate Statistics for Large Data Sets: Applications to Individual Aerosol Particles, *Anal. Chem.* **63**, 1991, 2646-2656.

**Shaw R.W.**, Luftverschmutzung durch Stäube, *Spektrum der Wissenschaft*, Okt. **1987**, 100-107.

**Sheffield A.E., Pankow J.F.**, Specific Surface Area of Urban Atmospheric Particulate Matter in Portland, Oregon, *Environ. Sci. Technol.* **9**, 1994, 1759-1766.

**Simmross U., Fischer R., Düwel F., Müller U.**, Quantitative Determination of Cadmium in Polyethylene Using Total Reflection X-Ray Fluorescence (TXRF) spectroscopy, *Fresenius J. Anal. Chem* **358**, 1997, 541-545.

**Singh H.B.**, *Composition, Chemistry and Climate of the Atmosphere*, 1995, Van Nostrand Reinhold, New York.

**Sinner T., Hoffmann P., Ortner H.M.**, Determination of Fe(II) and Fe(III) in small Samples by Microbore Ion Chromatography and Photometric, Atomic Absorption Spectrometry and Total Reflection X-Ray Fluorescence Detection, *Spektrochimica Acta* **48B**, 1993, 255-261.

**Small M., Germani M.S., Small A.M., Zoller W.H., Moyers J.L.**, Airborne Plume Study of Emissions from the Processing of Copper Ores in Southeastern Arizona, *Environ. Sci. Techn.* **15**, 293-299.

**Spiro P.A., Jacob D.J., Logan J.A.**, Global Inventory of Sulphur Emissions with 1° x 1° Resolution, *J. Geophys. Res.* **97**, 1992, 6023-6036.

**Stahlschmidt T., Schulz M., Dannecker W.**, Application of Total-Reflection X-Ray Fluorescence for the Determination of Lead, Calcium and Zinc in Size-Fractionated Marine Aerosols, *Spectrochimica Acta* **52B**, 1997, 995-1001.

**Stanley R.G., Linskens H.F.**, *Pollen*, 1974, Springer Verlag, Berlin.

**Statham P.J., Chester R.**, Dissolution of Manganese from Marine Atmospheric Particulates into Seawater and Rainwater, *Geochimica et Cosmochimica Acta* **52**, 1988, 2433-2437.

**Steiger M.**, *Die anthropogenen und natürlichen Quellen urbaner und mariner Aerosole charakterisiert und quantifiziert durch Multielementanalyse und chemische Receptormodelle*, 1991, Dissertation, Universität Hamburg.

**Stössel R.P., Prange A.**, Determination of Trace Elements in Rainwater by Total-Reflection X-Ray Fluorescence, *Anal.Chem.***57**, 1985, 2880-2885.

**Storms H., Van Dyck P., Van Grieken R.**, Electron Microprobe Observations on Recrystallization Affecting PIXE-Analysis of Marine Aerosol Deposits, *J.Trace and Microprobe Techniques* **2**, 1984, 103-117.

**Streit N., Weingartner E., Schwikowski M., Gäggeler H.W., Baltensberger U.**, Characterization of Size-Fractionated Aerosol From the Jungfrauoch Using Total Reflection X-Ray Fluorescence (TXRF), *J.Aerosol Sci.* **Vol.29 Suppl.1**, 1998, S743-S744.

**Streli C., Wobrauschek P., Bauer V., Kregsamer P., Görgl R., Pianetta P., Ryon R., Pahlke S., Fabry L.**, Total Reflection X-Ray Fluorescence Analysis of Light Elements with Synchrotron Radiation and Special X-Ray Tubes, *Spectrochimica Acta* **B52**, 1997, 861-872.

**Sturges W.T., Harrison R.M., Barrie L.A.**, Semi-Quantitative X-Ray Diffraction Analysis of Size Fractionated Atmospheric Particles, *Atmos.Environ.* **23**, 1989, 1083-1098.

**Spurny K.R.**, On the Chemical Detection of Bioaerosols, *J.Aerosol Sci.* **25**, 1994, 1533-1547.

**Swietlicki E., Puri S., Hansson H.C.**, Urban Air Pollution Source Apportionment Using a Combination of Aerosol and Gas Monitoring Techniques, *Atmos.Environ.* **30**, 1996, 2795-2809.

**Talasek T.**, Chemical Cleanrooms Vital for Accurate Analysis of Process Reagents, *Solid State Technology* **10/93**, 1993, 44-46.

**Tang I.N., Munkelwitz H.R.**, Composition and Temperature Dependence of the Deliquescence Properties of Hygroscopic Aerosols, *Atmos.Environ.* **27A**, 1993, 467-473.

**Ten Brink H.M.**, Reactive Uptake of HNO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in Sea-Salt (NaCl) Particles, *J.Aerosol Sci.***29**, 1998, 57-64.

**Ten Brink H.M., Kruisz C., Kos G.P.A., Berner A.**, Composition/ Size of the Light-Scattering Aerosol in the Netherlands, *Atmos.Environ.* **31**, 1997, 3955-3962.

**Ten Harkel M.J.**, The Effects of Particle-Size Distribution and Chloride Depletion of Sea-Salt Aerosols on Estimating Atmospheric Deposition at a Coastal Site, *Atmos. Environ.* **31**, 1997, 417-427.

**Theisen M., Niessner R.**, Elemental Analysis of Airborne Dust Samples with TXRF: Comparison of Oxygen-Plasma Ashing on Sapphire Carriers and Acid Digestion for Sample Preparation, *Fresenius J. Anal. Chem.* **365**, 1999, 332-337.

**Tuch T., Brand P., Wichmann H.E., Heyder J.**, Variation of Particle Number and Mass Concentrations in Various Size Ranges of Ambient Aerosols in Eastern Germany, *Atmos. Environ.* **31**, 1997, 4193-4197.

**Twomey S.**, The Influence of Pollution on the Shortwave Albedo of Clouds, *J. Atmos. Sci.* **34**, 1977, 1149-1152.

**Umweltbundesamt** (Hrsg.), Daten zur Umwelt, 1997, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

**Van Borm W.A., Adams F.C., Maenhaut W.**, Characterization of Individual Particles in the Antwerp Aerosol, *Atmos. Environ.* **23**, 1989, 1139-1151.

**Van Malderen H.**, *Microanalytical X-Ray Techniques for Single Particle Analysis of Marine and Remote Aerosols*, 1995, Ph.D.thesis, University Antwerpen.

**Van Malderen H., Rojas C., Van Grieken R.**, Characterization of Individual Giant Aerosol Particles Above the North Sea, *Environ. Sci. Technol.* **26**, 1992, 750-756.

**Van Malderen H., Van Grieken R., Khodzher T., Obolkin V., Potemkin V.**, Composition of Individual Aerosol Particles Above Lake Baikal, Siberia, *Atmos. Environ.* **30**, 1996, 1453-1465.

**Viksna A., Selin E.**, Intercomparison between Energy Dispersive and Total Reflection X-Ray Fluorescence in Whole Blood Analysis, *J. Trace and Microprobe Techniques* **14**, 1996, 763-774.

**Wachter H., Scharrer H.**, Die Regionalwindverteilung im Gebiet der Stadt Frankfurt am Main, *Berichte des Institutes für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt/Main* Nr.22, 1970.

**Warneck P.**, *Chemistry of the Natural Atmosphere*, 1988, Academic Press, San Diego.

**Watson J.G., Chow J.C., Lu Z., Fujita E.M., Lowenthal D.H., Lawson D.R.**, Chemical Mass Balance Source Apportionment of PM<sub>10</sub> during the Southern California Air Quality Study, *Aerosol Science and Technology* **21**, 1994, 1-36.

**Weber A.P., Baltensperger U., Gäggeler H.W., Schmidt-Ott A.**, In Situ Characterization and Structure Modification of Agglomerated Aerosol Particles, *J. Aerosol Sci.* **27**, 1996, 915-929.

**Weber S.**, *Bestimmung von Eisen und Identifizierung von Eisenverbindungen in partikulären Aerosolen*, 1997, Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt.

**Wedepohl K.H.**, The Composition of the Continental Crust, *Geochimica et Cosmochimica Acta* **59**, 1995, 1217-1232.

**Wegrzynek D., Holynska B.**, Fundamental Quantification Procedure for Total Reflection X-Ray Fluorescence Spectra Analysis and Elements Determination, *Spektrochimica Acta* **B52**, 1997, 915-921.

**Wegrzynek D., Holynska B., Ostachowicz B.**, A Comparison of the Performance of a Fundamental Parameter Method for Analysis of Total Reflection X-Ray Fluorescence Spectra and Determination of Trace Elements, Versus an Empirical Quantification Procedure, *Spektrochimica Acta* **B53**, 1998, 43-48.

**Wehde R.**, *Bestimmung des Übergangsmetallgehalts von größenklassiert gesammelten Aerosolproben unter besonderer Berücksichtigung des Eisens*, 1995, Diplomarbeit, Technische Universität Darmstadt.

**Weinbruch S., Wentzel M., Kluckner M., Hoffmann P., Ortner H.M.**, Characterization of Individual Atmospheric Particles by Element Mapping in Electron Probe Microanalysis, *Mikrochimica Acta* **125**, 1997, 137-141.

**Weißhaar R.**, Einsatz einer Elektronenstrahl-Mikrosonde in der Spurenstoff-Gläziologie zur Charakterisierung von Mineralstaubhorizonten in alpinen Eisbohrkernen, Diplomarbeit, Universität Heidelberg, 1998.

**Wentzel M.**, *Charakterisierung von Aerosolen aus dem südafrikanischen Township Soweto*, 1999, Dissertation, Technische Universität Darmstadt.

**Wetter T.**, *Eine Untersuchung zur Charakterisierung der zeitlichen Variabilität der luftchemischen Bedingungen am Taunus-Observatorium: Messungen des CO- und H<sub>2</sub>-Mischungsverhältnisses im Winter 1996/97*, 1998, Diplomarbeit, Universität Frankfurt am Main.

**Whitby K.T.**, The Physical Characterisation of Sulfur Aerosols, *Atm. Environ.* **12**, 1978, 135-159.

**Wiersma G.B., Davidson C.I.**, *Trace Elements in the Atmosphere of Rural and Remote Area*, In Toxic Metals in the Atmosphere (Edited by Nriagu J.O. and Davidson C.I.), 1986, Wiley and Sons, New York.

**Wieser P.H., Wurster R.**, *Application of Laser-Microprobe Mass Analysis to Particle Collections*, In Physical and Chemical Characterization of Individual Airborne Particles, (Edited by Spurny K.R.), 1986, Ellis Horwood Ltd., Chichester, 251-270.

**Wigley T.M.L.**, Possible Climate Change Due to SO<sub>2</sub>-Derived Cloud Condensation Nuclei, *Nature* **349**, 1989, 503-506.

**Wigley T.M.L.**, Cloud Reducing Fossil-Fuel Emissions Cause Global Warming?, *Nature* **349**, 1991, 503-506.

**Witzke T.**, New Data on the Mercury Iodide Mineral Coccinite, HgI<sub>2</sub>, *N.Jb.Mineral.Mh.* **11**, 1997, 505-510.

**Xhoffer C., Bernard P., Van Grieken R.**, Chemical Characterization and Source Apportionment of Individual Aerosol Particles over the North Sea and the English Channel Using Multivariate Techniques, *Environ.Sci.Technol.* **25**, 1991, 1470-1478.

**Xhoffer C., Jacob W., Buseck P.R., Van Grieken R.**, Problems in Quantitatively Analyzing Individual Salt Aerosol Particles Using Electron Energy Loss Spectroscopy, *Spektrochimica Acta* **B50**, 1995, 1281-1292.

**Xhoffer C., Wouters, L., Artaxo P., Van Put A., Van Grieken A.**, *Characterization of Individual Environmental Particles by Beam Techniques*, In *Environmental Particles Volume1* (Edited by Buffle J., Von Leeuwen H.P.), Lewis Publishers, London, 1992, 107-143.

**Yaaqub R.R., Davies T.D., Jickells T.D., Miller J.M.**, Trace Element in Daily Collected Aerosols at a Site in Southeast England, *Atmos.Environ.***25A**, 1991, 985-996.

**Yangang L., Feng L.**, On the Description of Aerosol Particle Size Distribution, *Atmospheric Research* **31**, 1994, 187-198.

**Yap C.T., Gunawardena K.V.R.**, TXRF Spectrometric Analysis of Major Elements in Mineral Sands, *Applied Spectroscopy* **43**, 1989, 702-704.

**Zhu G., Wang X., Shen X., Zhang X., Zhao J.**, Characterization of Size Distributions of Elemental Mass Concentrations in Atmospheric Aerosols Derived from Different Sources, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* **B75**, 1993, 245-248.

## 8 Anhang

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	652	81	968	110	512	74	320	48
Mg	15,9	2,5	16,7	3,5	183	27	112	18
Al	142	14	76,6	8,5	313	28	487	45
Si	571	53	213	18	1150	104	1410	130
P	21	3,8	6,56	1,4	7,72	0,92	20,8	3,8
S	104	11	127	10	108	9,4	106	9,0
Cl	611	94	835	110	286	41	138	27
K	11,3	1,0	5,8	0,72	15,9	1,1	40,7	3,1
Ca	23,1	1,8	31,2	2,4	71	5,2	102	6,2
Ti	0,75	0,15	0,41	0,09	3,1	0,52	2,93	0,47
V	2,57	0,34	1,34	0,27	1,28	0,22	2,73	0,36
Cr	3,86	0,35	3,15	0,28	3,72	0,34	5,79	0,51
Mn	0,42	0,08	0,21	0,04	0,23	0,04	3,15	0,26
Fe	41,4	3,6	125	8,7	135	9,6	114	10
Co	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-
Ni	2,53	0,17	1,8	0,25	2,1	0,31	5,3	0,48
Cu	3,03	0,18	6,1	0,55	4,35	0,37	14,6	0,94
Zn	0,6	0,07	4,65	0,38	3,15	0,26	6,5	0,53
Br	3,98	0,62	2,75	0,46	3,4	0,61	5,02	0,62
Rb	< 0,01	-	< 0,01	-	< 0,01	-	< 0,01	-
Sr	0,33	0,11	0,45	0,13	0,28	0,06	0,22	0,07
Pb	0,38	0,07	0,45	0,07	1,15	0,19	0,90	0,11

**Tabelle 8-1:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf Helgoland am 7.10.1996.

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	1240	130	3260	270	936	110	610	82
Mg	6,15	1,2	7,2	2,4	11,1	16	6,1	1,5
Al	41,5	3,8	51,1	6,3	26,2	4,4	10,3	2,1
Si	160	12	382	28	87,7	10	64,7	8,3
P	1,24	0,21	1,1	0,22	2,91	0,46	6,09	0,62
S	41,3	3,6	35,1	3,1	49,8	5,6	44,2	3,5
Cl	1430	240	2910	430	527	150	143	100
K	15,2	1,1	53,3	6,6	15,4	1,2	8,4	0,74
Ca	9,4	1,8	15,9	2,1	16,5	1,1	3,9	0,45
Ti	0,44	0,06	0,82	0,17	0,27	0,1	0,75	0,13
V	0,31	0,08	0,37	0,11	0,24	0,09	0,68	0,14
Cr	0,69	0,08	0,67	0,12	0,41	0,08	0,25	0,05
Mn	0,22	0,02	0,03	0,01	0,06	0,02	0,26	0,04
Fe	8,1	0,46	16,8	0,93	23,3	2,1	14,8	0,95
Co	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-
Ni	0,66	0,04	0,21	0,04	0,27	0,03	1,06	0,08
Cu	1,22	0,09	0,42	0,08	1,34	0,16	2,27	0,16
Zn	2,5	0,23	0,28	0,02	3,56	0,28	4,03	0,36
Br	3,38	0,53	0,88	0,17	0,37	0,09	1,13	0,21
Rb	0,05	0,02	< 0,01	-	0,04	0,03	1,18	0,12
Sr	0,12	0,02	0,06	0,02	0,17	0,06	0,47	0,10
Pb	0,18	0,02	0,29	0,06	1,22	0,10	1,47	0,22

**Tabelle 8-2:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf Helgoland am 10.10.1996.



	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	872	163	1060	82	378	31	184	16
Mg	67,2	27	48,5	14	12,2	2,4	10,4	1,3
Al	530	76	518	44	317	21	164	12
Si	1440	188	6340	367	860	40	718	76
P	46,8	16	30	6,2	8,24	1,2	6,55	0,42
S	148	13	659	19	412	19	97,1	8,3
Cl	942	120	1030	180	105	24	43,4	12
K	22,2	1,6	55,2	2,1	17,2	1,1	5,81	0,27
Ca	47,5	3,2	237,4	11	106	4,7	51,3	4,3
Ti	1,54	0,27	0,43	0,14	0,48	0,17	0,38	0,16
V	1,08	0,35	9,3	0,87	1,64	0,3	2,28	0,26
Cr	0,86	0,36	0,56	0,13	1,17	0,48	1,95	0,21
Mn	1,42	0,31	2,84	0,22	1,16	0,26	2,28	0,23
Fe	184	16,3	290	20,8	170	11	59,8	4,9
Co	< 0,05	-	0,11	0,10	< 0,05	-	< 0,05	-
Ni	0,27	0,11	0,63	0,19	0,44	0,14	0,81	0,16
Cu	4,61	0,52	5,97	0,44	4,15	0,37	5,22	0,14
Zn	14,2	1,6	36,4	1,8	20,7	2,5	48,9	1,3
Br	1,91	0,42	1,23	0,27	2,48	0,33	0,65	0,2
Rb	< 0,01	-	0,02	0,01	< 0,01	-	0,22	0,09
Sr	0,28	0,08	0,08	0,02	0,21	0,03	0,24	0,12
Pb	2,58	0,26	4,16	0,61	1,12	0,08	4,43	0,47

**Tabelle 8-3:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf Helgoland am 11.10.1996.

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	51,5	66	264	32	131	20	11,5	2,3
Mg	9,49	1,6	23,9	3,9	4,35	0,81	3,76	0,52
Al	195	17	118	10	75,8	8,3	15,0	1,3
Si	286	24	225	19	225	20	37,3	3,4
P	12,6	1,9	6,3	0,81	18,5	2,4	6,8	0,8
S	260	22	461	46	1030	87	252	21
Cl	89,2	13	347	56	131	29	3,21	0,83
K	12,5	1,4	20,5	1,8	35,2	3,2	13,3	1,37
Ca	138	11	198	16	46,3	4,1	11,2	1,0
Ti	2,6	0,26	1,7	0,35	4,2	0,56	3,8	0,51
V	2,4	0,31	9,77	0,87	2,28	0,34	6,84	0,74
Cr	2,28	0,19	3,4	0,33	4,33	0,42	3,46	0,32
Mn	1,33	0,14	1,6	0,24	2,19	0,18	1,16	0,11
Fe	63,4	6,1	270	21	145	15	63,8	5,7
Co	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-
Ni	0,97	0,11	1,95	0,31	2,83	0,45	2,67	0,24
Cu	1,67	0,18	3,86	0,27	4,91	0,48	4,8	0,51
Zn	12,2	1,0	32,1	2,9	23,2	1,7	29,1	4,2
Br	14	1,8	4,66	0,73	3,01	0,38	1,48	0,35
Rb	0,13	0,04	0,21	0,08	0,25	0,05	0,08	0,03
Sr	0,33	0,06	0,28	0,06	0,16	0,05	0,16	0,03
Pb	0,87	0,10	0,23	0,03	7,57	0,52	3,58	0,40

**Tabelle 8-4:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf Helgoland am 13.10.1996 (A).

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	327	38	567	61	3230	310	118	18
Mg	23,7	3,8	39,6	4,8	77,2	9,3	7,6	1,5
Al	382	29	560	5,1	9120	730	1170	95
Si	2490	180	684	60	599	43	62,4	5,8
P	58,5	5,2	3,87	0,57	12,3	2,1	4,6	0,71
S	328	27	173	15	3944	320	118	8,2
Cl	104	16	103	14	1450	190	67	9,9
K	17,1	1,2	23,7	2,1	344	28	14,2	1,6
Ca	351	26	84,2	7,2	251	22	56,8	4,7
Ti	5,5	0,52	1,27	0,30	14,5	2,0	3,54	0,54
V	2,1	0,37	5,59	0,59	22,6	2,7	4,69	0,63
Cr	5,11	0,46	7,22	0,68	11,3	1,3	5,44	0,52
Mn	3,27	0,29	4,11	0,37	12,7	0,93	10,4	0,97
Fe	103	7,4	288	21	604	43	67,7	5,8
Co	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-
Ni	1,36	0,12	1,85	0,25	5,81	0,62	1,04	0,10
Cu	2,33	0,26	5,62	0,46	9,54	0,84	4,11	0,32
Zn	8,95	0,74	8,66	0,74	39,7	3,1	22,8	1,9
Br	3,2	0,46	1,51	0,22	2,08	0,41	0,68	0,13
Rb	0,22	0,04	0,15	0,05	0,56	0,13	0,09	0,03
Sr	0,23	0,02	0,18	0,03	0,27	0,03	0,45	0,07
Pb	1,45	0,11	3,68	0,25	7,92	0,80	5,38	0,60

**Tabelle 8-5:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf Helgoland am 13.10.1996 (B).

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	801	106	1110	140	795	86	347	61
Mg	23,2	2,8	4,04	0,94	5,83	1,1	4,11	0,82
Al	27,7	2,1	73,7	7,1	16,5	1,9	14,7	1,8
Si	129	10	19,7	2,5	187	16	42,2	3,6
P	6,2	1,3	3,24	0,56	4,75	0,74	2,87	0,44
S	61	5,7	112	14,4	80,4	7,2	11,1	0,94
Cl	352	47	422	73	204	45	32,4	5,3
K	18,2	1,6	54,6	5,1	15,4	1,4	5,18	0,47
Ca	29,8	2,4	44,7	4,8	25	2,2	8,46	0,71
Ti	0,12	0,04	0,57	0,12	0,12	0,05	0,33	0,09
V	0,98	0,13	0,98	0,26	0,77	0,16	1,12	0,23
Cr	0,54	0,07	0,83	0,09	1,3	0,17	0,83	0,10
Mn	0,44	0,03	0,08	0,02	0,25	0,05	0,61	0,09
Fe	34,2	1,5	51	3,6	10,3	0,94	4,25	0,29
Co	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-
Ni	1,12	0,13	0,56	0,09	0,48	0,07	0,66	0,07
Cu	5,55	0,37	4,68	0,53	0,91	0,14	3,93	0,40
Zn	10,5	0,94	4,57	0,43	3,37	0,52	6,92	0,58
Br	1,62	0,35	0,79	0,14	2,18	0,32	1,00	0,27
Rb	0,05	0,03	0,10	0,03	0,24	0,08	0,05	0,02
Sr	0,34	0,08	0,06	0,02	0,12	0,05	0,10	0,04
Pb	0,82	0,09	0,52	0,08	0,68	0,09	1,4	0,22

**Tabelle 8-6:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf Helgoland am 16.10.1996.

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	607	72	561	67	512	60	37,8	5,3
Mg	50,6	7,3	56,2	7,3	17,4	2,5	10	1,9
Al	441	37	413	38	207	18	69,4	7,1
Si	1630	140	569	51	879	76	164	14
P	30,3	4,7	3,5	0,42	13,8	1,8	4,3	0,63
S	297	23	443	3,7	362	32	211	17
Cl	387	48	374	53	337	50	11,2	2,0
K	28,7	2,4	17,9	1,4	22,5	1,8	9,9	0,83
Ca	184	14	230	17	69,9	6,1	3,45	0,30
Ti	1,30	0,27	0,69	0,12	3,58	0,46	1,44	0,27
V	3,33	0,39	0,44	0,08	3,42	0,41	4,09	0,55
Cr	2,00	0,21	0,69	0,07	0,95	0,11	0,69	0,10
Mn	0,77	0,09	0,98	0,09	1,31	0,15	1,58	0,14
Fe	111	8,7	218	17	92,3	8,2	62,9	5,4
Co	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-
Ni	1,38	0,23	1,22	0,14	1,39	0,16	1,66	0,15
Cu	3,16	0,29	5,2	0,44	5,78	0,66	5,98	0,49
Zn	15,10	1,2	24,5	2,1	33,7	2,9	37,1	3,2
Br	1,38	0,27	1,2	0,31	1,79	0,31	1,41	0,30
Rb	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sr	0,41	0,08	< 0,01	-	0,20	0,05	< 0,01	-
Pb	2,81	0,27	3,22	0,31	5,56	0,49	6,74	0,58

**Tabelle 8-7:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf Helgoland am 18.10.1996.

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	3060	280	8520	730	769	85	320	47
Mg	117	15	93,4	12	46,3	6,4	17,2	2,7
Al	85	8,2	304	28	42,8	4,0	17,1	2,2
Si	180	16	354	30	141	12	32,5	3,8
P	7,88	1,1	25,3	3,4	6,26	0,92	2,74	0,46
S	84,8	7,6	105	10	66,7	6,1	25,1	2,8
Cl	2440	420	5140	710	317	49	120	19
K	53,4	4,7	20,3	1,7	15,2	1,7	6,73	0,82
Ca	59,8	5,1	26,4	2,2	20,8	1,9	24,2	2,7
Ti	0,72	0,22	0,66	0,13	0,65	0,09	0,93	0,15
V	1,41	0,26	0,75	0,14	0,64	0,12	1,62	0,31
Cr	0,32	0,06	0,25	0,05	0,36	0,04	1,04	0,16
Mn	0,44	0,04	0,85	0,11	0,39	0,04	1,52	0,18
Fe	18,7	1,9	56,4	5,8	33,3	3,1	10	1,5
Co	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-
Ni	0,59	0,08	1,08	0,16	0,83	0,09	0,90	0,13
Cu	0,70	0,11	0,75	0,09	1,86	0,27	1,26	0,17
Zn	3,38	0,42	6,94	0,81	6,27	0,58	19,5	2,2
Br	3,03	0,58	2,92	0,46	1,57	0,34	0,63	0,11
Rb	0,08	0,03	0,16	0,07	0,02	0,01	0,11	0,03
Sr	0,38	0,07	0,27	0,05	0,30	0,06	< 0,01	-
Pb	0,75	0,08	0,28	0,04	1,49	0,18	1,48	0,16

**Tabelle 8-8:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf Helgoland am 20.10.1996.

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	18,6	26,2	18,5	6,2	0	-	0	-
Mg	13,3	1,5	118	34	30,2	4,5	22,4	4,8
Al	64,8	4,2	822	77	517	32	16,7	1,5
Si	189	10,2	3230	308	2620	223	329	3,1
P	29,5	1,9	82,2	12	101	1,9	16,4	1,3
S	1322	125	1280	139	1130	120	732	58
Cl	17,8	3,6	136	40	138	22	33,2	7,4
K	42,5	0,62	173	21	76,9	4,1	11,7	0,63
Ca	24,4	1,6	97,1	9,9	63,8	2,4	12,1	0,83
Ti	2,29	0,23	14,7	1,9	17,0	2,3	16,2	1,2
V	0,829	0,13	9,18	2,5	10,1	0,58	2,97	0,12
Cr	4,98	0,37	12,9	2,3	4,42	0,62	2,66	0,25
Mn	1,21	0,14	6,95	0,81	3,44	0,31	1,49	0,21
Fe	28,2	2,1	107	8,2	57,2	4,9	59,8	3,6
Ni	1,48	0,13	5,26	0,62	29,8	2,2	5,84	0,62
Cu	1,35	0,18	6,43	0,52	7,91	0,91	3,33	0,31
Zn	6,68	0,59	9,36	0,87	28,6	2,7	26,4	2,8
Br	2,4	0,28	10,9	1,4	4,87	0,54	2,18	0,38
Rb	0,096	0,002	1,56	0,16	0,4	0,07	0,134	0,03
Sr	0,129	0,03	0	-	0,62	0,08	0,007	0,002
Pb	3,04	0,08	4,64	0,27	5,67	0,39	11,3	0,61

**Tabelle 8-9:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf dem Kleinen Feldberg am 23.07.1997.

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	62	10	87,8	14	198	23	86,2	10
Mg	30,9	5,5	10,6	2,4	24,7	3,9	10,2	2,2
Al	52,0	5,7	36,1	3,8	29,5	3,5	17,4	1,6
Si	96,0	8,7	64,2	6,1	54,6	5,7	26,2	2,3
P	18,2	2,1	14,1	2,0	6,6	1,2	3,0	0,5
S	47,1	4,1	121	9,3	147	13,2	41,9	3,0
Cl	10,2	2,2	18,2	3,4	9,6	2,1	14,4	2,8
K	16,3	1,3	14,4	1,1	46,7	4,2	31,6	2,6
Ca	52,1	4,3	18,6	1,3	37,2	2,9	40,1	3,2
Ti	0,63	0,08	0,42	0,06	1,05	0,15	4,11	0,36
V	0,41	0,03	0,79	0,02	1,24	0,04	4,52	0,05
Cr	1,06	0,07	1,44	0,11	2,85	0,09	5,86	0,07
Mn	0,11	0,01	0,24	0,03	0,45	0,04	0,29	0,04
Fe	4,53	0,32	8,48	0,67	31,6	1,1	36,7	1,4
Ni	0,60	0,02	0,67	0,03	1,62	0,05	4,35	0,06
Cu	0,66	0,02	0,87	0,03	5,05	0,08	6,28	0,14
Zn	0,83	0,07	1,15	0,11	1,85	0,13	2,68	0,22
Rb	0	-	0	-	0,21	0,05	0,26	0,04
Sr	0	-	0	-	0,10	0,02	0,14	0,04
Pb	0,45	0,05	0,66	0,05	1,67	0,22	3,50	0,21

**Tabelle 8-10:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf dem Kleinen Feldberg am 28.07.1997.

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	S	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	5,21	0,95	3,26	0,54	7,73	1,5	1,00	0,24
Mg	5,22	2,1	18,4	2,7	14,0	2,9	27,1	4,4
Al	326	31	264	25	882	61	488	37
Si	874	52	631	36	2050	92	1480	80
P	20,7	2,8	8,25	1,1	18,7	5,0	15,3	1,9
S	285	19	639	47	513	38	853	61
Cl	102	15	20,4	4,1	28,3	4,5	75,9	19
K	226	9,5	30,0	3,2	22,3	3,5	24,7	2,0
Ca	140	5,3	23,7	3,1	16,8	3,1	64,6	3,5
Ti	1,01	0,18	3,30	0,22	5,82	0,62	9,25	0,75
V	6,46	0,44	1,69	0,31	5,09	0,84	6,39	0,61
Cr	24,1	2,1	3,36	0,58	14,5	0,30	8,06	1,4
Mn	6,81	0,58	3,05	0,41	9,58	1,1	13,0	1,5
Fe	110	10	53,9	2,6	179	13	210	15
Ni	1,09	0,18	7,02	1,0	14,5	2,1	8,19	0,78
Cu	1,12	0,18	11,8	1,4	35,3	1,5	37,9	5,1
Zn	8,47	0,64	15,2	1,1	25,6	1,5	36,3	3,0
Rb	0	-	0,08	0,02	0,63	0,15	0,85	0,14
Sr	0,36	0,084	0,15	0,052	0,20	0,043	0,28	0,065
Pb	0,33	0,051	0,58	0,084	1,96	0,25	6,02	0,84

**Tabelle 8-11:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf dem Kleinen Feldberg am 13.08.1997.

	25 – 6,8 µm C [ng/m³]	s	6,8 - 1,8 µm C [ng/m³]	s	1,8 - 0,4 µm C [ng/m³]	s	0,4 - 0,1 µm C [ng/m³]	s
Na	45	6,1	103	15	196	34	76	11
Mg	5,11	0,85	12,6	2,1	18,3	3,4	9,89	1,9
Al	8,24	0,65	13,5	1,4	3,04	0,41	6,87	0,84
Si	26,0	2,0	46,0	2,4	6,53	0,74	16,4	1,8
P	3,45	0,39	5,15	0,41	4,05	0,40	4,20	0,55
S	106	6,4	317	20	156	9,3	160	11
Cl	18,5	3,8	3,05	1,2	2,58	0,85	4,41	1,2
K	32,5	2,4	45,3	2,8	36,4	3,1	44,2	2,7
Ca	52,6	4,7	12,2	1,0	12,1	1,0	7,39	0,68
Ti	0,77	0,11	0,97	0,11	2,13	0,15	6,20	0,58
V	0,24	0,043	0,19	0,031	0,22	0,034	0,68	0,074
Cr	2,39	0,13	2,47	0,21	2,15	0,18	2,39	0,18
Mn	0,43	0,068	0,80	0,14	0,40	0,048	0,84	0,097
Fe	9,65	0,57	12,2	1,0	9,58	0,84	20,7	1,6
Ni	1,17	0,10	0,90	0,12	0,93	0,099	3,04	0,27
Cu	10,5	0,94	15,6	1,1	26,4	2,1	35,4	2,7
Zn	1,36	0,11	1,25	0,15	1,51	0,18	3,56	0,34
Rb	0,18	0,034	0,45	0,055	0,44	0,11	1,03	0,18
Sr	0,13	0,022	0,14	0,024	0,23	0,047	0,40	0,072
Pb	1,23	0,16	1,10	0,14	2,26	0,24	3,88	0,35

**Tabelle 8-12:** Elementkonzentrationen für das partikuläre Aerosol auf dem Kleinen Feldberg am 23.10.1997.

Durchmesser [µm]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	15	25	total
C/SO <sub>4</sub>	31	35	29	14	27	11	3	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156
biologisch	0	3	8	13	6	9	12	18	9	16	78	93	42	18	15	68	34	43	60	17	562
Ruß	46	68	36	18	27	9	9	9	18	8	69	57	12	8	2	0	0	0	0	0	396
C-Rest	45	32	64	54	54	33	21	24	18	14	63	21	12	6	15	9	0	0	9	0	494
Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gealt.Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seesalzmisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumosilikat	3	6	11	14	18	9	21	36	30	24	84	51	24	11	9	0	8	0	17	0	376
Quarz	5	21	14	4	0	0	0	3	0	9	9	5	2	0	0	0	0	0	0	0	72
Ammoniumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calciumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metalloxide	6	14	33	38	30	48	51	24	21	23	60	24	4	2	0	0	0	0	0	0	378
andere	26	14	9	7	9	0	12	6	6	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96
Anzahl	162	193	204	162	171	119	129	120	102	98	372	251	96	45	41	77	42	43	86	17	2530

**Tabelle 8-13:** Anzahl der am HRSEM analysierten Partikel der Probe vom 23.07.1997.

Durchmesser [µm]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	15	25	total
C/SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
biologisch	0	0	0	0	4	2	0	0	13	21	14	8	5	2	4	39	27	22	31	17	209
Ruß	23	36	45	64	42	24	16	5	4	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	266
C-Rest	134	162	188	230	210	156	108	88	102	122	213	136	82	46	14	25	14	6	5	2	2043
Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	5	9	18	26	22	13	4	2	0	0	0	0	0	99
gealt.Seesalz	0	0	0	0	8	12	35	48	89	123	126	41	14	6	9	0	0	0	0	0	511
Seesalzmisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumosilikat	0	4	12	71	36	25	8	11	31	42	65	19	8	3	0	11	4	2	3	1	356
Quarz	3	25	43	78	19	4	2	22	38	27	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	277
Ammoniumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calciumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metalloxide	8	37	44	106	43	14	2	22	30	45	17	4	0	0	0	0	0	0	0	0	372
andere	22	14	7	4	8	5	6	4	8	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	81
Anzahl	190	278	339	553	370	242	177	205	324	400	479	232	125	61	29	75	46	30	39	20	4214

**Tabelle 8-14:** Anzahl der am HRSEM analysierten Partikel der Probe vom 28.07.1997.

Durchmesser [µm]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	15	25	total
C/SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
biologisch	0	0	0	0	14	20	26	21	17	18	70	41	33	30	27	61	36	20	14	8	456
Ruß	368	247	196	243	167	108	65	70	43	26	47	22	8	8	3	5	3	2	1	0	1632
C-Rest	12	20	31	41	30	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146
Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gealt.Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seesalzmisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumosilikat	23	50	84	46	20	25	61	42	34	27	42	20	19	6	8	64	46	32	14	7	670
Quarz	14	46	31	43	11	26	8	9	11	8	16	8	3	6	2	0	1	0	1	0	244
Ammoniumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calciumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metalloxide	21	56	34	61	50	85	33	17	20	12	20	6	0	0	0	0	0	0	0	0	415
andere	11	5	7	14	5	7	6	6	5	8	2	6	5	1	0	2	0	0	0	0	90
Anzahl	449	424	383	448	297	280	205	165	130	99	197	103	68	51	40	132	86	54	30	15	3653

**Tabelle 8-15:** Anzahl der am HRSEM analysierten Partikel der Probe vom 13.08.1997.

Durchmesser [µm]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	15	25	total
C/SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
biologisch	0	0	0	0	0	7	21	19	25	22	72	45	30	31	23	48	33	16	8	10	410
Ruß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-Rest	62	73	60	41	30	9	16	4	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	306
Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gealt.Seesalz	0	0	0	3	11	67	56	46	35	26	17	11	8	10	3	0	1	0	0	0	294
Seesalzmisch	0	0	0	0	0	11	13	13	14	10	11	14	8	11	3	14	6	2	1	0	131
Alumosilikat	58	144	62	34	21	25	47	42	34	24	54	42	21	9	9	57	42	37	17	6	785
Quarz	28	70	52	47	14	31	11	7	9	11	19	11	4	0	1	14	6	2	5	0	342
Ammoniumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calciumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metalloxide	42	50	71	41	50	72	34	17	9	9	15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	413
andere	2	7	6	11	3	8	9	5	3	6	7	4	2	0	0	2	0	0	0	0	75
Anzahl	192	344	251	177	129	230	207	153	129	116	198	130	73	61	39	135	88	57	31	16	2756

**Tabelle 8-16:** Anzahl der am HRSEM analysierten Partikel der Probe vom 23.10.1997.

Durchmesser [µm]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	15	25	total
C/SO <sub>4</sub>	77	67	81	60	43	42	34	22	17	18	6	3	0	0	1	0	0	0	0	0	471
biologisch	0	12	8	0	0	0	0	5	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
Ruß	31	46	60	43	28	20	25	18	20	19	6	2	0	0	1	0	0	0	0	0	319
C-Rest	52	30	70	64	57	31	26	16	12	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	370
Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gealt.Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seesalzmisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumosilikat	9	62	40	23	27	44	60	82	63	27	8	1	2	0	0	1	0	0	0	0	449
Quarz	0	3	8	2	0	0	0	1	4	11	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	33
Ammoniumsulfat	43	25	20	27	40	27	18	23	14	12	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	253
Calciumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metalloxide	9	19	22	40	39	57	49	61	25	20	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	349
andere	30	12	6	8	11	13	6	5	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Anzahl	251	276	315	267	245	234	218	233	169	122	37	6	2	2	2	1	0	0	0	0	2380

**Tabelle 8-17:** Anzahl der am HRSEM analysierten Partikel der Probe vom 13.02.1998.

Durchmesser [µm]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	15	25	total
C/SO <sub>4</sub>	145	130	167	205	189	140	89	32	11	20	6	3	0	2	0	0	0	0	0	0	1139
biologisch	0	16	5	0	0	6	9	2	5	12	2	0	0	1	3	0	0	0	2	0	63
Ruß	32	40	51	52	86	45	30	17	22	20	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	402
C-Rest	60	82	17	11	6	24	30	27	46	89	31	6	2	0	2	0	0	1	0	0	434
Seesalz	0	0	0	0	0	1	1	6	18	32	21	10	3	4	2	0	1	1	0	0	100
gealt.Seesalz	0	0	0	0	3	11	10	26	34	67	20	8	4	0	2	1	2	0	3	0	191
Seesalzmisch	0	0	0	0	0	0	1	6	11	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
Alumosilikat	0	0	2	0	0	2	8	11	14	26	8	0	3	0	1	1	0	0	0	0	76
Quarz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammoniumsulfat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calciumsulfat	0	10	21	45	16	8	2	11	24	42	6	2	0	1	0	0	0	1	1	1	191
Metalloxide	0	12	23	6	0	0	8	14	37	56	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160
andere	24	10	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
Anzahl	261	300	294	322	300	237	188	152	222	380	107	31	12	8	11	2	3	3	6	1	2840

**Tabelle 8-18:** Anzahl der am HRSEM analysierten Partikel der Probe vom 19.03.1998.

Durchmesser [µm]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	15	25	total
C/SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
biologisch	0	31	11	0	0	0	0	6	9	17	3	0	0	2	0	0	1	0	2	1	83
Ruß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-Rest	26	11	3	0	0	0	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gealt.Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seesalzmisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumosilikat	45	84	177	123	60	54	45	43	36	30	17	9	4	6	2	0	0	0	0	0	735
Quarz	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	19
Ammoniumsulfat	72	84	116	134	210	142	86	29	17	11	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	906
Calciumsulfat	44	94	146	83	70	73	42	30	36	28	17	7	2	4	0	1	0	0	1	0	678
Metalloide	8	20	31	11	26	54	31	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192
andere	8	11	17	4	7	4	2	5	3	9	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	73
Anzahl	203	335	501	355	373	327	206	123	110	109	46	19	6	12	3	1	1	0	3	1	2734

**Tabelle 8-19:** Anzahl der am HRSEM analysierten Partikel der Probe vom 08.05.1998.

Durchmesser[µm]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	15	25	total
C/SO <sub>4</sub>	56	80	72	60	54	30	16	20	11	8	4	5	3	0	1	0	0	0	0	0	420
biologisch	0	12	4	0	0	0	4	5	12	11	14	5	3	1	0	1	0	2	2	1	77
Ruß	40	81	104	136	100	86	70	46	48	21	12	8	7	3	1	2	2	1	1	0	769
C-Rest	0	4	18	62	78	34	17	15	21	10	9	2	0	0	1	0	0	1	0	0	272
Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gealt.Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seesalzmisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumosilikat	10	18	46	67	81	36	46	52	43	41	14	4	0	2	0	1	0	0	0	0	461
Quarz	0	0	0	0	0	0	0	8	15	24	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
Ammoniumsulfat	60	95	130	162	110	86	70	51	50	42	20	11	2	0	1	0	2	1	1	0	894
Calciumsulfat	0	14	21	26	72	45	19	16	32	28	14	3	4	1	0	1	0	2	3	1	302
Metalloide	0	12	2	0	14	63	26	8	21	17	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171
andere	0	4	7	11	15	7	2	4	6	13	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	79
Anzahl	166	320	404	524	524	387	270	225	259	215	105	42	19	7	4	5	4	7	7	2	3496

**Tabelle 8-20:** Anzahl der am HRSEM analysierten Partikel der Probe vom 14.05.1998.

Durchmesser [µm]	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	15	25	total
C/SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
biologisch	0	52	14	0	0	3	2	6	6	13	4	2	0	0	1	0	0	0	1	0	104
Ruß	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-Rest	37	56	26	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127
Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gealt.Seesalz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seesalzmisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumosilikat	47	127	316	114	47	23	17	21	19	22	8	4	2	3	0	1	2	0	3	2	778
Quarz	0	0	0	0	0	0	2	0	8	11	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Ammoniumsulfat	23	36	41	56	80	32	8	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	279
Calciumsulfat	48	177	210	122	63	84	42	26	30	35	11	6	2	0	2	0	0	1	1	1	861
Metalloide	11	23	37	20	11	36	6	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148
andere	2	9	14	6	4	4	2	0	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
Anzahl	168	480	658	326	205	182	79	56	67	88	31	14	4	3	3	1	2	1	5	3	2376

**Tabelle 8-21:** Anzahl der am HRSEM analysierten Partikel der Probe vom 05.06.1998.



Martin Ebert

Darmstadt, den 20.10.99

### **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich meine Dissertation selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln angefertigt habe.

.....

## Lebenslauf

Name: Martin Ebert  
Anschrift: Darmstädter Str.75  
64331 Weiterstadt  
Geburtsdatum: 13.05.1970  
Geburtsort: Dieburg

Schul Ausbildung: Grundschule Marienschule Dieburg 1976 – 1980  
Gymnasium Goetheschule Dieburg 1980 – 1986  
gymnasiale Oberstufe Alfred-Delp-Schule Dieburg 1986 – 1989  
Schulabschluß: Abitur 1989

Zivildienst: katholische Pfarrgemeinde Eppertshausen  
Mai 1989 bis Oktober 1990

Hochschulausbildung: Chemiestudium an der Technischen Hochschule Darmstadt  
Oktober 1990 bis Februar 1995  
Vordiplom Dezember 1992  
Diplomarbeit mit dem Titel: „Analytische Charakterisierung  
keramischer Pulver mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse  
und der Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem  
Plasma“ April 1995 – Oktober 1995  
Diplom Oktober 1995

Promotionsstudium an der Technischen Universität Darmstadt  
bei Herrn Prof. Dr. H.M. Ortner Januar 1996 – Oktober 1999  
Dissertation mit dem Titel: “Chemische Charakterisierung  
mariner und kontinentaler Aerosolpartikel mit Hilfe der  
Totalreflektions-Röntgenfluoreszenzanalyse und der hochauf-  
lösenden Rasterelektronenmikroskopie“

Berufstätigkeit: freier Mitarbeiter bei der Firma Merck KGaA  
November 1995 bis Januar 1996  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität  
Darmstadt (Januar 1996 bis Dezember 1997 Mitarbeiter im  
Sonderforschungsbereich 233 „Chemie und Dynamik der  
Hydrometeore“, seit Januar 1998 Mitarbeiter des  
Förderschwerpunktes Aerosolforschung des bmb+f)

Darmstadt, den 20.11.99